


# Bebauungsplan 23.27.00, Hansestadt Lübeck

## Steinrader Damm / Schönböckener Hauptstraße

### Energiekonzept

#### Stufe 1



- Objekt: Bebauungsplan 23.27.00 der Hansestadt Lübeck,  
Steinrader Damm / Schönböckener Hauptstraße
- Entwickler: Grundstücksentwicklungsgesellschaft Howingsbrook GmbH & Co. KG,  
Wisbystraße 2, 23558 Lübeck
- System: -
- Planungsstand: Städtebaulicher Entwurf vom 29.06.2021
- Erstellt durch:  MNP Ingenieure GmbH,  
Maria-Goeppert-Str. 1, 23562 Lübeck
- Bearbeiter: -

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Städtebaulicher Entwurf .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Aufgabenstellung .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Vorgehensweise.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Energetische Vorgaben für das Energiekonzept .....</b>	<b>7</b>
4.1	<i>Genereller energetischer Standard .....</i>	7
4.2	<i>Wärmeverteiler- und -übergabesysteme .....</i>	8
4.3	<i>Lüftung.....</i>	8
4.4	<i>Energieträger .....</i>	8
4.5	<i>Darstellung der Energiebedarfe.....</i>	8
4.6	<i>Solar-Anlagen .....</i>	9
4.7	<i>Flexibilität der vorgesehenen Systeme.....</i>	9
<b>5</b>	<b>Ermittlung des voraussichtlichen Energiebedarfs .....</b>	<b>9</b>
5.1	<i>Flächenermittlung.....</i>	9
5.2	<i>Ermittlung des Nutzenergiebedarfs .....</i>	10
5.3	<i>Elektro-Mobilität.....</i>	13
<b>6</b>	<b>Nutzung Erneuerbare Energien .....</b>	<b>16</b>
6.1	<i>Grundsätzliche Überlegungen zu Energieträgern .....</i>	16
6.2	<i>Dezentrale und zentrale Ansätze .....</i>	18
6.3	<i>Potenzialanalyse Erneuerbare Energien .....</i>	19
6.4	<i>Potenzial Solarthermie.....</i>	22
6.5	<i>Potenzial Photovoltaik Stromerträge.....</i>	22
<b>7</b>	<b>Konzeptentwicklung .....</b>	<b>24</b>
7.1	<i>Gebäudehülle.....</i>	24
7.2	<i>Wärmeversorgung .....</i>	25
7.3	<i>Technische Realisierung.....</i>	26
<b>8</b>	<b>Endenergie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz Gebäude.....</b>	<b>28</b>
8.1	<i>Endenergiebedarfsabschätzung für Gebäudetypen.....</i>	29
8.2	<i>CO<sub>2</sub>-Bilanz für Gebäudetypen .....</i>	32
8.3	<i>Endenergieabschätzung Quartier .....</i>	33
<b>9</b>	<b>Investitionskosten.....</b>	<b>36</b>
9.1	<i>Gebäudehülle.....</i>	36
9.2	<i>Haustechnik .....</i>	38
<b>10</b>	<b>Fördermittel für Effizienzhäuser.....</b>	<b>40</b>



---

<b>11</b>	<b>Lebenszykluskostenbetrachtung .....</b>	<b>41</b>
11.1	<i>Lebenszykluskosten Einfamilienhaus mit Gründach.....</i>	42
11.2	<i>Lebenszykluskosten Einfamilienhaus mit Satteldach .....</i>	44
11.3	<i>Lebenszykluskosten Reihenhauses .....</i>	46
11.4	<i>Lebenszykluskosten KiTa .....</i>	49
<b>12</b>	<b>Quartiersbilanzen .....</b>	<b>51</b>
<b>13</b>	<b>Zusammenfassung und Empfehlung.....</b>	<b>55</b>
<b>14</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>57</b>

## 1 Städtebaulicher Entwurf

Das bestehende städtebauliche Umfeld im Bereich des Bebauungsplans 23.27.00 zeichnet sich durch eine kleinteilige Bebauung mit hohem Grünanteil aus.

Das städtebauliche Konzept berücksichtigt diese Situation und verfolgt die Entwicklung eines kleinteiligen Wohnquartiers mit hohem Grünanteil, welches sich auch durch Baumpflanzungen im Straßenraum, die Gestaltung von grünen Vorgärten und einer fußläufigen Anbindung an die umgebende Landschaft widerspiegelt.

Der städtebauliche Entwurf umfasst zwei Teilbereiche.

Der Teilbereich 1 liegt nördlich des Steinrader Damms. In diesem Bereich sind 32 Einzelhäuser und vier Reihenhausgruppen mit insgesamt 13 Wohneinheiten geplant. Die Erschließung ist vom Steinrader Damm mit einer verkehrsberuhigten Schleifenstraße vorgesehen. Die Reihenhausbebauung entlang des Steinrader Damms soll eine geschlossene Raumkante ausbilden, um die nördlichen Wohnnutzungen vor Verkehrslärm zu schützen. Ergänzend ist eine Schallschutzwand im Bereich der Einzelhäuser am Steinrader Damm vorgesehen. Im Übergang zur Landschaft ist die Anlage eines Kinderspielplatzes geplant. Weiterhin soll ein naturnahes Regenrückhaltebecken angelegt werden.

Der Teilbereich 2 liegt südlich des Steinrader Damms. In diesem Bereich ist die Realisierung von vier Einzelhäusern und einer Kindertagesstätte vorgesehen. Die geplante Kindertagesstätte soll über eine Stichstraße an den Steinrader Damm angebunden werden.

Für das Plangebiet wird ein Neubaupotenzial von 45 Einfamilienhäusern bzw. Reihenhäuser angesetzt. Davon sollen 13 Wohneinheiten in Mietreihenhäusern im frei finanzierten Wohnungsbau errichtet werden, die die Miet- und Zweckbindungen der sozialen Wohnraumförderung einhalten

## 2 Aufgabenstellung

Die Hansestadt Lübeck beabsichtigt die Entwicklung eines Baugebietes an der Straße Steinrader Damm / Schönböckener Hauptstraße. Für dieses Baugebiet ist ein nachhaltiges Energiekonzept zu entwickeln und umzusetzen.

Hintergrund ist, dass die Bürgerschaft der Hansestadt Lübeck mit Beschluss vom 23.05.2019 (VO/2019/07495) den Klimanotstand festgestellt hat. Mit der Unterstützung der Resolution zur Ausrufung des Climate Emergency („Klimanotstand“) hat sich die Hansestadt Lübeck das Ziel gesetzt, vor dem Jahr 2050 klimaneutral zu sein. Vor diesem Hintergrund gilt es, bei der Entwicklung neuer Baugebiete darauf hinzuwirken, im Zuge der Bebauung und Nutzung der Gebäude klimaschädliche Emissionen so weit als möglich bzw. angemessen zu vermeiden. Das am 25.06.2020 von der Lübecker Bürgerschaft verabschiedete Klimaschutz-Maßnahmen-Paket (VO/2019/07727-01) hat dementsprechend für die Bauleitplanung festgelegt, dass für jedes neue Baugebiet ein Energiegutachten zu erstellen ist.



Abbildung 1: Städtebaulicher Entwurf Baugebiet Steinrader Damm / Schönböckener Hauptstraße<sup>1</sup>

Das Energiegutachten ist gemäß „Anforderungsprofil für die Ausschreibung eines Energiekonzeptes Stufe 1 – zum Bebauungsplan 23.27.00“ zu erstellen. Das Anforderungsprofil enthält die zugrunde zu legenden Untersuchungsgrundlagen (Annahmen) und Untersuchungsschritte für die Erarbeitung des Energiekonzeptes.

<sup>1</sup> Die Abbildung zeigt den Stand des Städtebaulichen Konzeptes vom 29.06.2021. Die Einfamilienhäuser im Teilbereich werden mittlerweile mit Gründach geplant – hierzu gab es zum Zeitpunkt der Konzepterstellung aber noch keine Darstellung.

Die Energieversorgung des betrachteten Baugebietes soll insbesondere folgende Zielstellungen erfüllen:

- Minimierung der CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Zukunftsfähigkeit und langfristige Versorgungssicherheit
- Wirtschaftlichkeit in der Nutzungsphase (Lebenszyklus)
- Akzeptanz und Zufriedenheit der Bewohner

Die Hansestadt Lübeck will in ihren Baugebieten zukunftsweisende, umweltfreundliche Energiekonzepte mit Vorbildcharakter umsetzen.

Das zu betrachtende Baugebiet gliedert sich in zwei Teilgebiete. Der Städtebauliche Entwurf der Grundstücksentwicklungsgesellschaft Howingsbrook, Stand 29.06.2021, sieht folgende Bebauung vor:<sup>2</sup>

- Teilgebiet 1:
  - 32 Einfamilienhäuser mit Flachdach als Gründach:  
4.480 m<sup>2</sup> Wohnfläche
  - 13 Reihenhäuser (RH) mit Flachdach als Gründach, verteilt auf 4 Reihenhaukörper:  
1.430 m<sup>2</sup> Wohnfläche
- Teilgebiet 2:
  - 4 Einfamilienhäuser mit Satteldach: 560 m<sup>2</sup> Wohnfläche
  - Kindertagesstätte mit Flachdach als Gründach: 1.000 m<sup>2</sup> Nutzfläche

### 3 Vorgehensweise

Für die Erstellung des Energiekonzeptes wurde wie folgt vorgegangen:

1. Ermittlung der Nutzenergiebedarfe je Gebäudetyp
2. Ermittlung des Gesamtnutzenergiebedarfs des Baugebietes
3. Ermittlung von Potenzialen zur Nutzung Erneuerbarer Energien
4. Konzeptentwicklung in Varianten
5. CO<sub>2</sub>-Bilanzierung für Varianten
6. Lebenszykluskostenbetrachtung für Varianten
7. Empfehlung

---

<sup>2</sup> Die Angaben zu Wohn- und Nutzflächen geben die Schätzung aus der aktuellen Planung wieder.

## 4 Energetische Vorgaben für das Energiekonzept

### 4.1 Genereller energetischer Standard

Für die Gebäude wird ein Energiestandard gefordert, der mindestens einem KfW Effizienzhaus 55 (EH55) entspricht. Der EH55 für Wohngebäude ist dadurch charakterisiert, dass der Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle mindestens 30 % unter dem Wert des zugehörigen Referenzgebäudes nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) liegt. Der Primärenergiebedarf muss den Wert des zugehörigen Referenzgebäudes nach GEG insgesamt um mindestens 45 % unterschreiten (vgl. Abbildung 2).

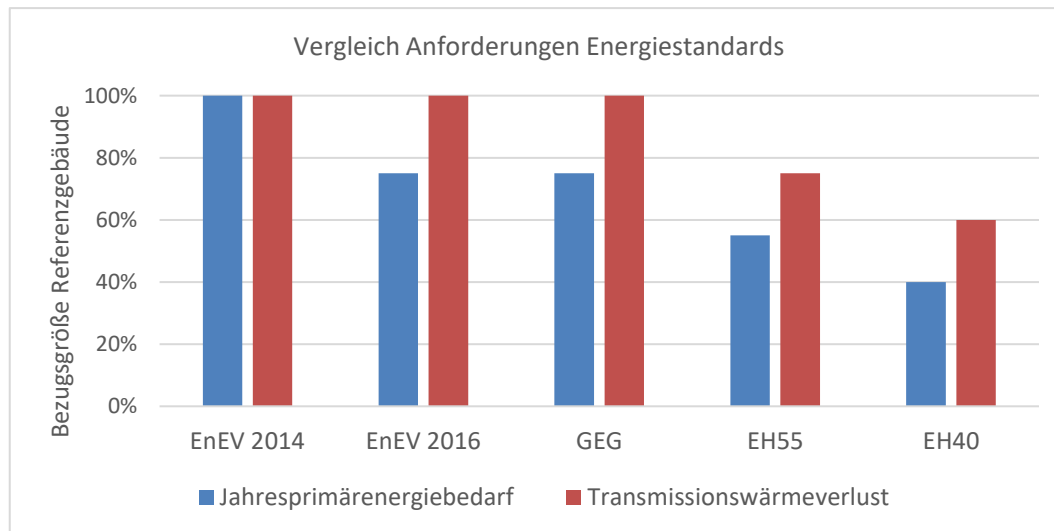


Abbildung 2: Vergleich Anforderungen Energiestandards (bezogen auf Wohnbau)

Aus der vorstehenden Abbildung wird deutlich, dass mit der Realisierung eines Effizienzhausstandards 55 die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) (über-) erfüllt werden.

Im Bereich der Nichtwohngebäude wird der Begriff Effizienzgebäude – nicht Effizienzhaus verwendet und mit „EG“ abgekürzt. Im Unterschied zum Effizienzhaus ist nicht der Transmissionswärmeverlust die Anforderungsgröße, sondern die Bewertung wird anhand der sogenannten mittleren U-Werte vorgenommen:

Tabelle 1: Anforderungen an mittlere U-Werte abhängig vom energetischen Standard

U-Werte in W/m <sup>2</sup> K	Zonen mit Raumsolltemperaturen im Heizfall ≥ 19°C			Zonen mit Raumsolltemperaturen im Heizfall 12°C bis < 19°C		
	GEG	EG55	EG40	GEG	EG55	EG40
Mittlerer U-Wert opake Bauteile	0,28	0,22	0,18	0,5	0,28	0,24
Mittlerer U-Wert transparente Bauteile	0,15	1,2	1,0	2,8	1,5	1,3

Des Weiteren ist im Hinblick auf die angestrebte CO<sub>2</sub>-Neutralität eine sogenannte Klimaschutzvariante zu betrachten. Dieser ist entweder ein Passivhausstandard oder ein KfW-Effizienzhausstandard 40 (EH40) für den jeweiligen Gebäudetyp zugrunde zu legen.

#### 4.2 Wärmeverteils- und -übergabesysteme

Die Systemtemperaturen für Heizungen dürfen im Vorlauf maximal 40°C betragen, um die Nutzung regenerativer Energien (bspw. Geothermie) zu ermöglichen. Darauf sind die Systeme zur Wärmeübergabe abzustimmen, d.h. Flächenheizsysteme sind zu bevorzugen.

#### 4.3 Lüftung

Die Art der Belüftung der Gebäude ist nicht vorgegeben, da eine Reglementierung von den Nutzern oft negativ aufgenommen wird.

In vielen Fällen haben sich hybride Lüftungssysteme als Kombination aus natürlicher und mechanischer Lüftung bewährt, insbesondere im Bereich der Schulen und Kindertagesstätten.

Die Vorteile natürlicher Lüftung (Einfachheit, Nutzereingriff, hoher Luftwechsel bei Nachtauskühlung) und mechanischer Lüftung (kontrollierte Lüftung, erhöhter winterlicher Komfort, Wärmerückgewinnung) können bei hybriden Lüftungskonzepten optimal genutzt werden.

#### 4.4 Energieträger

Die Nutzung fossiler Energieträger ist mit Ausnahme von Erdgas auszuschließen. Die Nutzung von Erdgas soll aber in der Erstellung des Energiekonzeptes nach Möglichkeit vermieden werden.

#### 4.5 Darstellung der Energiebedarfe

Im Interesse der Vergleichbarkeit mit anderen Energiekonzepten sind für die unterschiedlichen Gebäudetypen die Jahresenergiebedarfe gemäß Tabelle 2 in Kilowattstunden je Quadratmeter Nutzfläche [kWh/m<sup>2</sup>a] differenziert nach Heizung, Warmwasser und Strom zugrunde zu legen.

Tabelle 2: Anzusetzende Jahresenergiebedarfe für Heizen, Warmwasser, Strom nach Gebäudetyp  
(Quelle: Anforderungsprofil Energiekonzept / Energiekonzept Lauerhofer Feld, KApplus Ingenieur-Büro Vollert)

Jahresnutzenergiebedarf [kWh/m <sub>BGF</sub> <sup>2</sup> *a]	Heizen	Warmwasser	(Nutzer-) Strom
Freistehendes Einfamilienhaus <sup>3</sup> (EFH)			
Doppelhaushälfte (DH)	40	18	17
Reihenhaus (RH)	35	18	20
Kindertagesstätte (KiTa)	54	21	30

<sup>3</sup> Wurden im Energiekonzept Lauerhofer Feld nicht ermittelt.



Für darüberhinausgehende Nutzungen sind vom Gutachter Vorschläge zum voraussichtlichen Energiebedarf auf der Grundlage belastbarer Quellen anzunehmen und mit der Klimaleitstelle abzustimmen.

#### 4.6 Solar-Anlagen

Unabhängig vom System der Wärmeversorgung soll eine Belegung der Dachflächen mit Solar-Anlagen (Statik / Gestaltung) in das Energiekonzept einbezogen werden.

#### 4.7 Flexibilität der vorgesehenen Systeme

Die Grundkonzeption der Energieversorgung von neuen Baugebieten und Gebäuden soll unabhängig von der Wahl des heutigen Heizsystems eine Umstellung bzw. Erweiterung auf regenerative Energiesysteme nach dem Erreichen der Lebensdauer des heute installierten Systems zulassen.

### 5 Ermittlung des voraussichtlichen Energiebedarfs

Auf der Grundlage der vorgenannten Rahmenbedingungen wurden sowohl die Nutzenergiebedarfe je Gebäudetyp differenziert nach Heizen, Warmwasser und Strom als auch die gesamten Nutzenergiebedarfe für das Baugebiet ermittelt.<sup>4</sup>

Zugrunde gelegt wurde der Städtebauliche Entwurf für das Baugebiet, Stand 29.06.2021.

#### 5.1 Flächenermittlung

Auf der Grundlage des Städtebaulichen Entwurfs können für die Nutzflächen folgende Werte abgeschätzt werden:

Tabelle 3: Abschätzung Nutzflächen Neubauten im Baugebiet

Gebäudetyp	Anzahl Gebäude	Nutzfläche [m <sup>2</sup> ]	
		je Gebäudetyp	Gesamt
EFH Gründach	32	140	4.480
EFH Satteldach	4	140	560
RH	13	110	1.430
KiTa	1	1.000	1.000

<sup>4</sup> Nutzenergiebedarfe meint hier die Energiebedarfe an der Gebäudegrenze exkl. Anlagenverluste aber inkl. Verteil- und Zirkulationsverlusten (bei zentraler Warmwasserbereitung).

Die Bruttogrundfläche kann aus den Werten der Nutzflächen abgeschätzt werden:<sup>5</sup>

Tabelle 4: Abschätzung Bruttogrundfläche Neubauten im Baugebiet

Gebäudetyp	Anzahl Gebäude	Bruttogrundfläche BGF [m <sup>2</sup> ]	
		je Gebäudetyp	Baugebiet gesamt
EFH Gründach	32	164,7	5.270,4
EFH Satteldach	4	165,0	660,0
RH	13	129,4	1.682,2
KiTa	1	1.176,5	1.176,5

## 5.2 Ermittlung des Nutzenergiebedarfs

Die vorgegebenen Jahresenergiebedarfe in Abhängigkeit vom Gebäudetyp enthalten keine Angaben für Einfamilienhäuser (vergleiche Tabelle 2). Dementsprechend war für den Gebäudetyp EFH eine Annahme zu treffen.

Für die Einfamilienhäuser wurde unterstellt, dass diese – aufgrund des größeren Anteils der thermischen Gebäudehülle bezogen auf die Wohnfläche – einen höheren spezifischen Jahresenergiebedarf Heizen besitzen, verglichen mit Doppelhaushälften. Die Bedarfe für Warmwasser und Strom wurden als identisch zum Doppelhaus angenommen.

Damit ergeben sich die in Tabelle 5 dargestellten spezifische Jahresenergiebedarfe für die Ermittlung der Energiebedarfe des Baugebiets. Zu beachten ist, dass – abweichend von Energiebedarfsrechnungen gemäß GEG bzw. Angaben in Energieausweisen – die Bruttogrundfläche der Gebäudetypen die Bezugsgröße für die Berechnungen darstellt.

Tabelle 5: Ansätze spezifische Jahresnutzenergiebedarfe je Gebäudetyp für EH/EG55-Standard

Gebäudetyp	Jahresnutzenergiebedarf spezifisch [kWh/m <sub>BGF</sub> <sup>2</sup> *a]		
	Heizen	Warmwasser	(Nutzer-) Strom
EFH	45	18	17
DH	40	18	17
RH	35	18	20
KiTa	54	21	30

<sup>5</sup> Bundesministerium für Wirtschaft und Energie / Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, Stand 15.04.2021, Abschnitt 4: Umrechnungsfaktor von BGF zu NGF = 0,85

Mithilfe der Bruttogrundflächen und Werten für die spezifischen Jahresnutzenenergiebedarfe konnten die Nutzenergiebilanzen für die Gebäudetypen und das Baugebiet insgesamt abgeschätzt werden, unter der Annahme, dass die Neubauten als EH55 realisiert werden:

Tabelle 6: Jahresnutzenenergiebedarfe je Gebäudotyp für EH/EG55-Standard

Gebäudotyp	BGF [m <sup>2</sup> ]	Jahresnutzenenergiebedarf [kWh/a]		
		Heizen	Warmwasser	(Nutzer-) Strom
EFH Gründach	164,7	7.412	2.965	2.800
EFH Satteldach	164,7	7.412	2.965	2.800
RH	129,4	4.529	2.329	2.588
KiTa	1.176,5	63.529	24.706	35.294

Zur vereinfachten Betrachtung wurden die beiden Einfamilienhaustypen zusammengefasst:

Tabelle 7: Abschätzung absoluter Jahresnutzenenergiebedarf des Baugebietes für EH/EG55-Standard

Gebäudetyp	Anzahl Gebäude	Jahresnutzenenergiebedarf absolut [kWh/a]		
		Heizen	Warmwasser	(Nutzer-) Strom
EFH	36	266.814	106.726	100.796
RH	13	58.877	30.280	33.644
KiTa	1	63.529	24.706	35.294
<b>Summe</b>		<b>389.220</b>	<b>161.711</b>	<b>169.735</b>

Das Baugebiet weist in Summe einen jährlichen Nutzenergiebedarf von ca. 389 MWh/a für Heizen, ca. 162 MWh/a für Warmwasser und rund 170 MWh/a für Strom auf.

In den nachfolgenden Grafiken sind u.a. die Anteile an den jeweiligen Jahresnutzenenergiebedarfen für die Gebäudetypen dargestellt. Auf die Doppelhäuser entfallen demnach jeweils die größten Anteile für Heizen, Warmwasser und Strom.

Aus der Auswertung des gesamten Nutzenergiebedarfs wird deutlich, dass die Beheizung der Gebäude mit 55% den größten Energieanteil einnimmt, sofern die Gebäude in einem Effizienzhaus- bzw. Effizienzgebäude-Standard 55 realisiert würden.

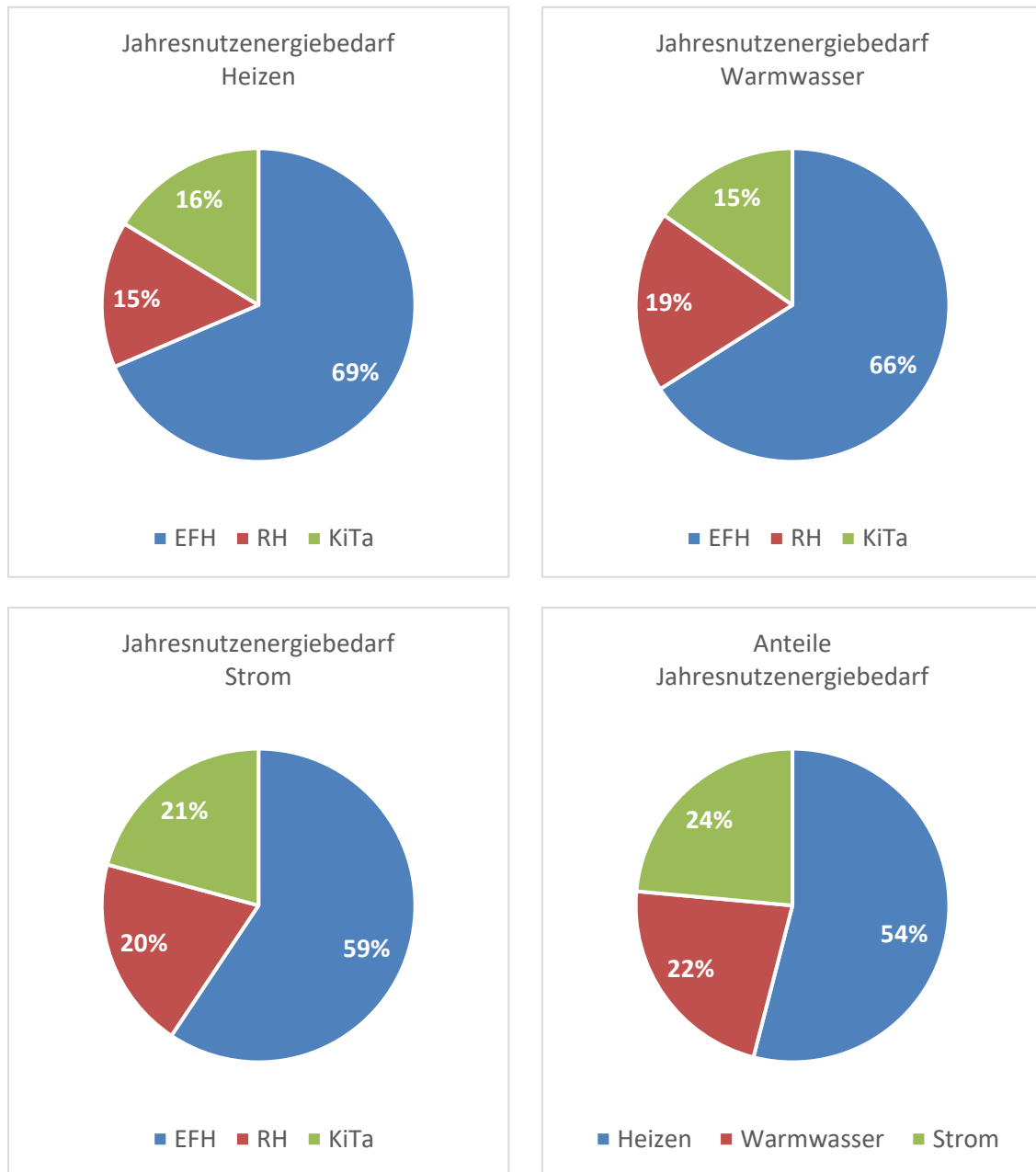


Abbildung 3: Auswertung Anteile an Nutzenergiebedarfen des Baugebietes für EH/EG55-Standard

### 5.3 Elektro-Mobilität

Die Planung des Stromnetzes hat die zunehmende Elektro-Mobilität in den zugehörigen höheren Hausanschlussleistungen zu berücksichtigen. Es muss davon ausgegangen werden, dass in der Zukunft je Haus mindestens eine Ladestation benötigt wird.

Im Bereich der EFH lässt sich dieses unproblematisch am oder in direkter Nähe zum Gebäude umsetzen. Für die Reihenhäuser sind Elektroladesäulen in der Nähe der zugehörigen Stellplätze an der Straße zu planen.

Für die Abschätzung des Energiebedarfes für Elektromobilität sind folgende Größen relevant:

- **Jährliche Fahrleistung**

Das Kraftfahrtbundesamt gibt die durchschnittliche jährliche Fahrleistung für PKW mit 13.323 km für das Jahr 2020 an:<sup>6</sup>

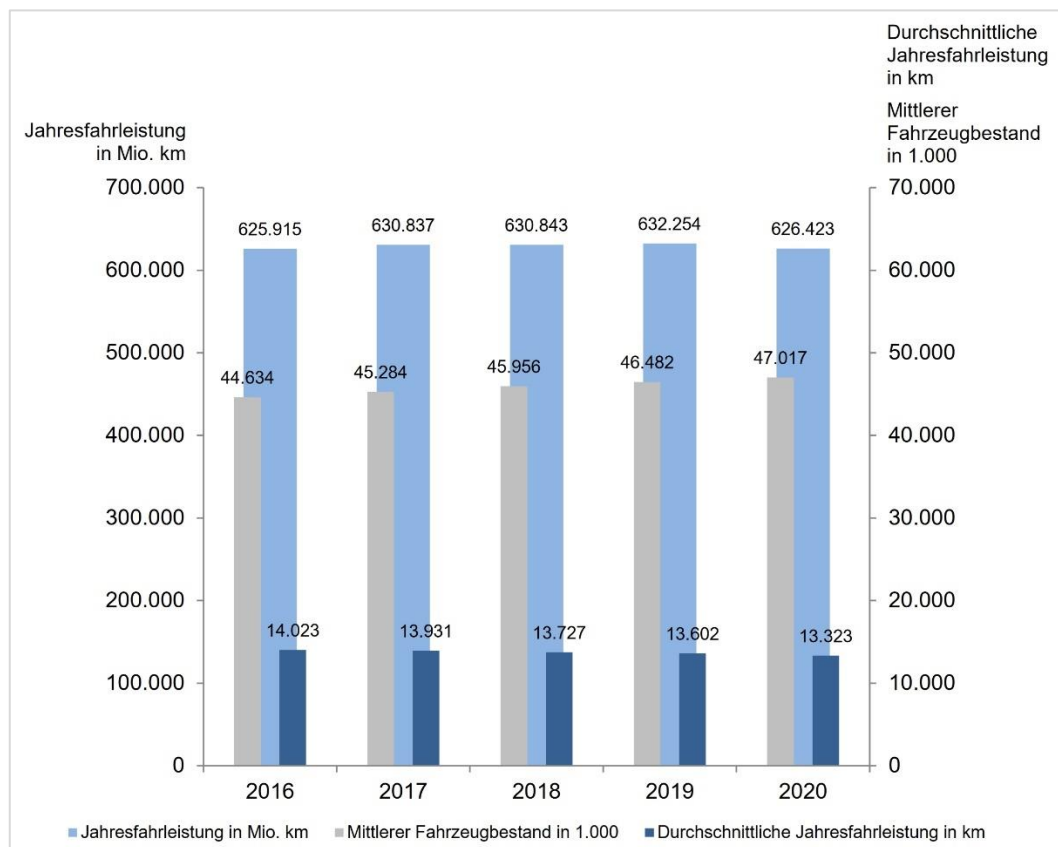


Abbildung 4: Entwicklung der Jahresfahrleistung und des mittleren Fahrzeugbestandes von Pkw seit 2016 (Quelle: Kraftfahrtbundesamt)

Es wird für die Abschätzung des Energiebedarfes unterstellt, dass die Fahrleistung im betrachteten Zeitraum gleichbleibt.

<sup>6</sup> [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk\\_inlaenderfahrleistung/vk\\_inlaenderfahrleistung\\_node.html?yearFilter=2020](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/vk_inlaenderfahrleistung_node.html?yearFilter=2020)

▪ **Berücksichtigung der Lage des Baugebietes bei Fahrleistung**

Die oben genannte, jährliche Fahrleistung stellt einen Durchschnittswert für ganz Deutschland dar und berücksichtigt demzufolge keine Unterschiede bezüglich Stadtbewohner und Stadtbewohnerinnen und Bewohner und Bewohnerinnen im ländlichen Raum.

Das Baugebiet Steinrader Damm / Schönböckener Hauptstraße befindet sich im westlichen (Rand-) Bereich der Hansestadt Lübeck. Die Entfernungen zu Schulen, Einkaufsmöglichkeiten und anderen Einrichtungen sowie zum ÖPNV sind eher als durchschnittlich zu bewerten, als dass sie einen ländlichen Charakter widerspiegeln. Dementsprechend ist im Hinblick auf die Fahrleistungen der zukünftigen Bewohner und Bewohnerinnen davon auszugehen, dass die Fahrleistung durchschnittlich sein wird.

Für den Korrekturfaktor für die jährliche Fahrleistung ist demnach ein Wert von 1,0 anzusetzen.

▪ **Anzahl PKW pro Haushalt**

Für die Abschätzung der Anzahl an PKW pro Haushalt ist die Anzahl an aktuell geplanten Stellplätzen nur bedingt aussagekräftig, da die Haushalte insbesondere im Bereich der Einfamilienhäuser ihre Stellplatzsituation auf ihrem Grundstück im Zeitverlauf individuell gestalten. In der Studie „Mobilität in Deutschland“ wurde hierzu ein Ansatz generiert. Orientiert wurde sich dabei an der Stadtregion „Mittelstadt, städtischer Raum“:

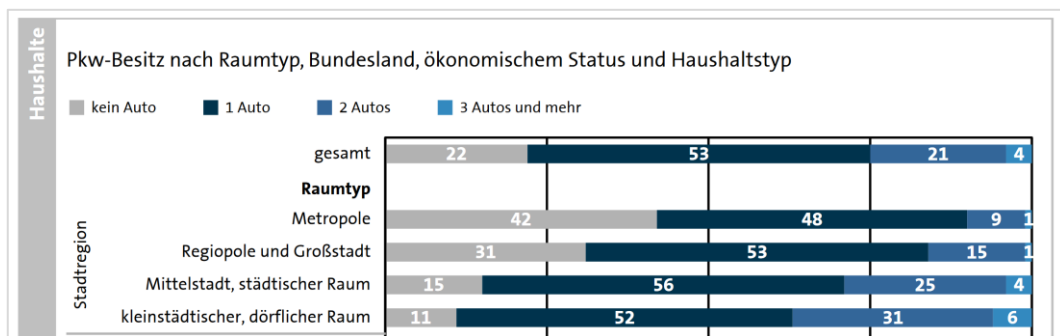


Abbildung 5: PKW-Besitz nach Raumtyp (Quelle: Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht<sup>7</sup>)

Demzufolge kommen auf 100 Haushalte 118 PKW. Rechnet man diese Werte auf die Anzahl der geplanten Wohneinheiten von 49 um, so kommt man auf rund 58 PKW für das Baugebiet.

▪ **Quote Elektromobilität**

Für die Abschätzung der Anteile der Elektroautos am Fahrzeugbestand wurden zum einen auf den „Faktencheck E-Mobilität: Status quo der E-Mobilität in Deutschland - Update

<sup>7</sup> Nobis, Claudia und Kuhnimhof, Tobias (2018): Mobilität in Deutschland – MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin. [www.mobilitaet-in-deutschland.de](http://www.mobilitaet-in-deutschland.de)

2020“ von Horváth & Partners für die Quote 2025 und zum anderen auf die Studie „eMobil 2050 – Szenarien zum Klimaschutzbeitrag des elektrischen Verkehrs“ vom Öko-Institut e.V. zurückgegriffen.

Die Hochrechnung von Horváth & Partners geht von 3.426.330 Elektroautos in Deutschland im Jahr 2025 aus. Setzt man diese Zahl ins Verhältnis zu einem aktuellen Fahrzeugbestand von ca. 47 Mio. PKW, so erhält man eine E-Quote von 7,3 % für das Jahr 2025.

Für das Jahr 2050 kann der Untersuchung des Öko-Instituts eine E-Quote von rund 90 % entnommen werden.

Mit den dargestellten Größen wird eine Abschätzung für den Elektroenergiebedarf für E-Mobilität für das B-Plangebiet Steinrader Damm / Schönböckener Hauptstraße getroffen:

Tabelle 8: Abschätzung Energiebedarf E-Mobilität

<b>Abschätzung Energiebedarf E-Mobilität</b>		
Jährliche durchschnittliche Fahrleistung PKW lt. KBA	km/a	13.323
Korrekturfaktor B-Plangebiet	-	1,13
Jährliche durchschnittliche Fahrleistung PKW B-Plangebiet	km/a	13.323
Abgeschätzte Anzahl PKW im B-Plangebiet		49
Jährliche Fahrleistung B-Plangebiet absolut	km/a	652.827
E-Quote 2025	%	7,3%
E-Quote 2050	%	90,0%
Ansatz Strombedarf / 100 km	kWh/100 km	20
Strombedarf B-Plangebiet E-Mobilität 2025	MWh/a	9,53
Strombedarf B-Plangebiet E-Mobilität 2050	MWh/a	117,51

Addiert man den Strombedarf für E-Mobilität zum Nutzerstrombedarf in Tabelle 7, so ergibt sich ein Anteil von rund 5 Prozent der E-Mobilität am sich ergebenden gesamten Nutzbedarf an Strom für 2025. Im Jahr 2050 läge dieser Anteil demnach dann bereits bei 41 Prozent.

## 6 Nutzung Erneuerbare Energien

### 6.1 Grundsätzliche Überlegungen zu Energieträgern

Im Vergleich zu Erdgas profitiert der Energieträger Strom von einem steigenden Anteil an Erneuerbarer Energien im Strom-Mix Deutschland, die wesentlich auf die Zunahme von Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik zurückzuführen sind.

Untersucht wurden die künftigen Primärenergie- und CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren im Stromnetz beispielsweise in der Studie IINAS 2020<sup>8</sup>. Die dortigen Berechnungen basieren auf statistischen Daten und für die zukünftigen Daten auf Projektionen von AGE<sup>9</sup>, BMWi und UBA.

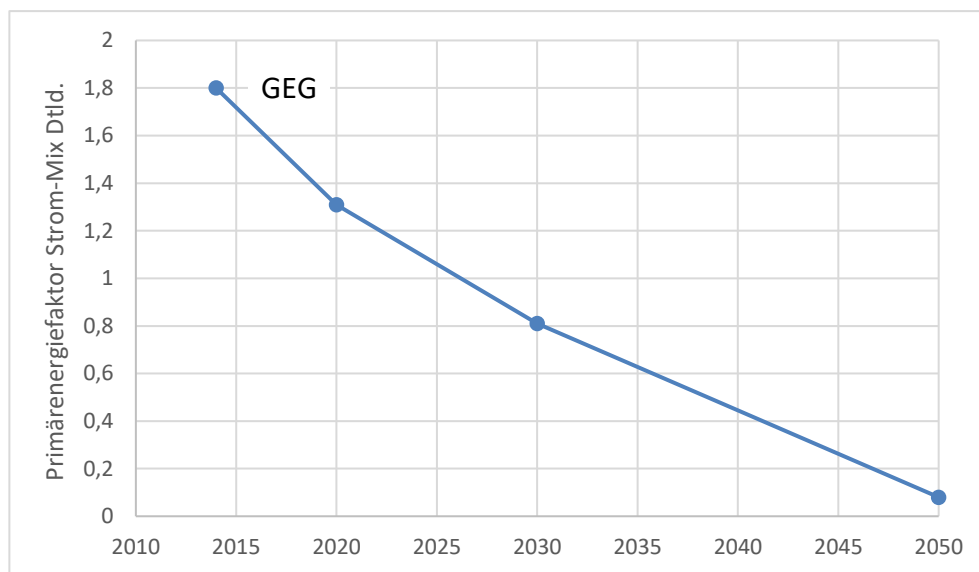


Abbildung 6: Projektion Primärenergiefaktor für den nichterneuerbaren Anteil für den Strommix (Quelle: IINAS 2020, eigene Darstellung)

Der aktuelle, reale Primärenergiefaktor für Strom ist heute bereits deutlich niedriger als jener, welcher für Nachweise nach GEG ( $f_p = 1,8$ ) zu verwenden ist. Die Projektionen weisen darüber hinaus für 2030 einen Primärenergiefaktor von 0,81 und für 2050 0,08 aus. Die starke Absenkung beruht auf der Annahme eines signifikant steigenden Anteils erneuerbarer Energien im Strom-Mix.

Eine ähnliche Projektion ergibt sich für die CO<sub>2</sub>-Emission, siehe Abbildung 7. Auch die Treibhausgasemissionen werden bis 2050 erheblich abgesenkt, so dass sich für 2030 ein prognostizierter CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,269 kg/ kWh und für 2050 ein Faktor von nur noch 0,03 kg/ kWh aus den Studienergebnissen ergeben.

<sup>8</sup> Der nichterneuerbare kumulierte Energieverbrauch und THG-Emissionen des deutschen Strommix im Jahr 2019 sowie Ausblicke auf 2020 bis 2050, Internationales Institut für Nachhaltigkeitsanalysen und -strategien GmbH, 2020.

<sup>9</sup> Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e.V.



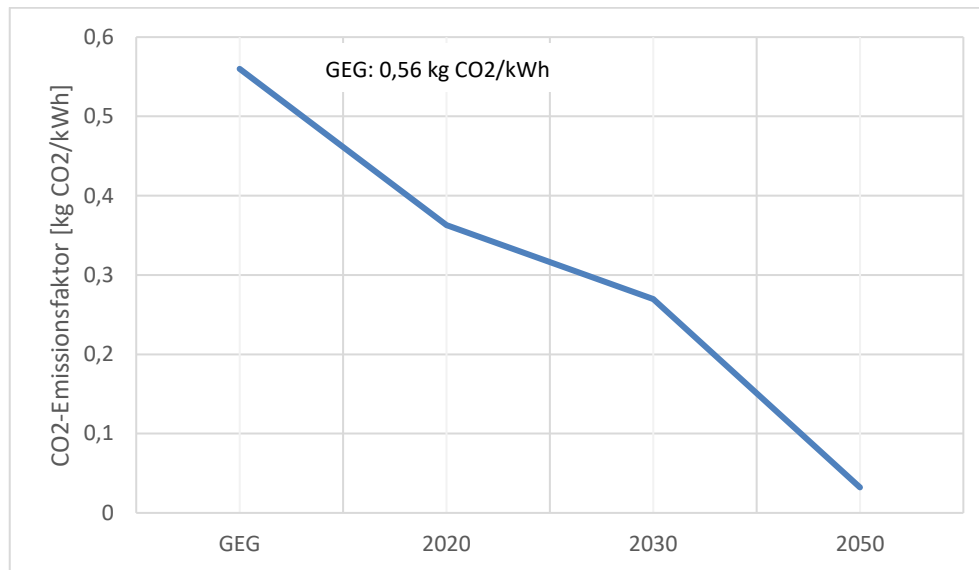


Abbildung 7: Projektion CO2-Emissionsfaktor für den Strom-Mix Deutschland (Netz) (Quelle: IINAS 2020, eigene Darstellung)

Demgegenüber bleiben der Primärenergiefaktor und der CO2-Emissionsfaktor von Erdgas im Zeitverlauf unverändert.

Im Hinblick auf den Klimaschutz lassen sich also kommende, noch höherwertige energetische Standards im Gebäudebereich nicht mehr mit dem Energieträger Erdgas verwirklichen. Erdgasbasierte Wärmeerzeugung kann nur als Redundanz in Technikkonzepten für Ausnahmesituationen gesehen werden.

Die Erzeugung und Nutzung von synthetischem Biomethan bzw. die Biogasproduktion ist zwar aus Sicht des Klimaschutzes nachhaltiger als der Einsatz von Erdgas. Es stellt sich aber die Frage, in welcher Größenordnung die Kapazitäten zur Verfügung stehen, um einen wesentlichen Beitrag für die Wärmewende zu liefern.

Gleichzeitig ist sowohl beim Energieträger Erdgas aufgrund der knapper werdenden Ressource als auch bei den Energieträgern Biogas und Biomethan aufgrund der steigenden Nachfrage davon auszugehen, dass diese zukünftig einer signifikanten Preissteigerung oberhalb der für Strom unterliegen werden.

Gleiches gilt auch für den Energieträger Holz, in Form von Holzhackschnitzel und Holzpellets. Auch hier wird die steigende Nachfrage in Kombination mit einer begrenzten Verfügbarkeit zu signifikanten Preissteigerungen führen.

Demzufolge ist der Energieträger Strom als zukunftsfähigster Energieträger zu bewerten und entsprechend im Energiekonzept zu priorisieren.

## 6.2 Dezentrale und zentrale Ansätze

Grundsätzlich gibt es unterschiedliche Varianten, die Wärmeversorgung von Gebäuden, insbesondere in Neubaugebieten, zu konzipieren.

### ▪ Dezentrale Wärmeerzeugung

Jedes Gebäude verfügt über einen eigenen Wärmeerzeuger, der bspw. erdgas- oder strombasiert Wärme erzeugt. Dementsprechend ist ggf. der Anschluss an ein Erdgasversorgungsnetz oder eine erhöhte elektrische Anschlussleistung erforderlich.

### ▪ Zentrale Wärmeerzeugung – Warmes Nahwärmenetz

Bei einer zentralen Wärmeerzeugung für ein Quartier wird die Wärme über ein Nahwärmenetz zu den Gebäuden verteilt. In den Gebäuden sind Hausübergabestationen installiert. Diese sind technisch gesehen Wärmetauscher, die die Wärme vom Nahwärmenetz in den Heizkreis des jeweiligen Gebäudes abgeben.

Die zentrale Wärmeerzeugung in einer Heizzentrale kann erdgas-/biogas- oder holzbasiert sein. Entsprechend ist entweder ein Anschluss an das Erdgasversorgungsnetz oder aber die Lagerung von fester Biomasse erforderlich. Der Betrieb der Heizzentrale muss in der Regel durch einen Contractor oder Versorgungsunternehmen (bspw. Stadtwerke Lübeck) realisiert werden, um einen effizienten Betrieb und die Versorgungssicherheit zu gewährleisten.

Problematisch sind die Netzverluste bei geringen Wärmeabnahmedichten im Netz aufgrund der hohen Systemtemperaturen im Netz (in der Regel Vorlauftemperaturen zwischen 70-100°C). Die Netzverluste können 10% oder mehr der von der Heizzentrale eingespeisten Wärme betragen.

### ▪ Kaltes Nahwärmenetz

Das kalte Nahwärmenetz zeichnet sich im Unterschied zum „warmen“ Nahwärmenetz dadurch aus, dass es mit wesentlichen geringen Systemtemperaturen betrieben wird. Die Vorlauftemperatur des kalten Nahwärmenetzes liegt im Allgemeinen nicht höher als 20°C.

Aufgrund der geringeren Vorlauftemperaturen kommen eine Reihe von Wärmequellen infrage: Geothermie, Wärmenutzung aus Gewässern, Abwärme aus Abwasser oder industriellen/gewerblichen Prozessen, Eisspeicher mit Solarkollektoren usw. Das kalte Nahwärmenetz kann selbst als zusätzlicher Kollektor dienen – in diesem Fall sind die Rohre ungedämmt auszuführen.

In den Gebäuden sind Wärmepumpen installiert, die die Umweltwärme aus dem kalten Nahwärmenetz auf Nutztemperatur anheben. Auch hier ist eine erhöhte elektrische Anschlussleistung des Gebäudes erforderlich.

Zentrale Systeme bzw. Wärmenetze sind von einem professionellen Ingenieurbüro der technischen Gebäudeausrüstung in Zusammenarbeit mit einem Energieberater zu planen.

### 6.3 Potenzialanalyse Erneuerbare Energien

Es wurde geprüft, welche erneuerbaren Energiequellen unter Berücksichtigung des städtebaulichen Konzepts mit den geplanten Gebäudetypen und der Verhältnisse vor Ort potenziell für die Energieversorgung des Gebietes in Betracht kommen und in welchem Umfang die ermittelten Bedarfe hierdurch gedeckt werden können.

Die Bewertung wurde farblich vorgenommen:

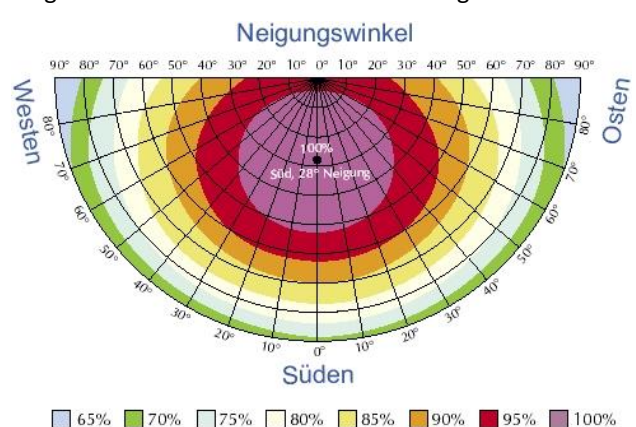
- Rot = Kein Potenzial bzw. starkes Missverhältnis Kosten / Nutzen
- Orange = Geringes Potenzial bezüglich Nutzung Erneuerbarer Energie
- Grün = Technisch wie wirtschaftlich nutzbares Potenzial an Erneuerbarer Energie

Tabelle 9: Potenzialanalyse Erneuerbare Energien

Bereich	Beschreibung	Bewertung
Nah-/Fernwärmepotenzial	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Es besteht keine Anschlussmöglichkeit an ein Fernwärmenetz der Stadtwerke Lübeck.</li> <li>▪ Der (wirtschaftliche) Aufwand für die Errichtung eines Nahwärmenetzes kann als unverhältnismäßig hoch im Vergleich zum Jahresnutzenenergiebedarf Wärme (Heizen + WW) bewertet werden. Ursächlich dafür ist die Größe des Baugebietes und die fast ausschließliche Bebauung mit EFH und RH, die nur eine geringe Wärmeabnahme vorweisen – im Vergleich zum Geschosswohnungsbau.</li> <li>▪ Es ist kein Standort für eine Heizzentrale verfügbar, ohne dass dafür Wohneinheiten wegfallen würden. Der Aufwand würde damit noch unverhältnismäßiger.</li> </ul>	
Oberflächennahe Geothermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Wärmeleitfähigkeiten der Bodenschichten betragen lt. Unterer Wasserbehörde HL 1,7 W/mK (Tiefe 0-50m) bzw. 1,9 W/mK (Tiefe 0-100m). Das Gebiet ist als geeignet für Erdwärmennutzung zu bewerten.<sup>10</sup></li> <li>▪ Aufgrund des Flächenbedarfs von Erdwärmekollektoren/-körben und den zur Verfügung stehenden freien Flächen ist die Realisierung über Sonden vorzuziehen.</li> <li>▪ Die Planung von Geothermie sollte parallel durch einen Geothermal Response Test (kurz TRT) begleitet werden, um die thermodynamischen Parameter des Untergrundes zu ermitteln und damit dessen Eignung für die Nutzung von Geothermie sicherstellen zu können.</li> </ul>	

<sup>10</sup> Seitens der Unteren Wasserbehörde der Hansestadt Lübeck gibt es keine Einwände bezüglich der grundsätzlichen Genehmigungsfähigkeit von Erdsonden / Geothermie-Nutzung bis 100m (Stellungnahme siehe Anhang).

Bereich	Beschreibung	Bewertung
Umgebungswärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Die Nutzung von Umgebungswärme mittels sogenannter Luft-Wasser-Wärmepumpen ist Stand der Technik.</li> <li>▪ Die Jahresarbeitszahlen von Luft-Wasser-Wärmepumpen erreichen nicht die von Sole-Wasser-Wärmepumpen. Demzufolge benötigen sie mehr elektrische Energie, um die Umgebungswärme zu nutzen bzw. die Wohneinheit mit Wärme zu versorgen.</li> <li>▪ Im Vergleich zur Geothermie ist die Nutzung von Umgebungswärme als standortunabhängig nutzbar anzusehen. Beschränkungen resultieren ggf. aus den Schallemissionen der Anlagen.</li> </ul>	
Solarthermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Für Solarthermie empfehlen sich Dachneigung nach Süden oder Südwest/Südost, wobei die westliche Ausrichtung vorzuziehen ist.</li> <li>▪ Auf den Gebäuden mit Gründächern ist eine ideale Ausrichtung der Kollektoren problemlos möglich.</li> <li>▪ Auf den EFH mit Satteldach ist die südwestliche Dachfläche des jeweiligen Gebäudes nutzbar.</li> </ul>	
Abwärmenutzung aus Prozessen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Potenzial zur Nutzung von Abwärme aus gewerblichen/industriellen Prozessen ist aufgrund fehlender Unternehmen nicht vorhanden.</li> </ul>	
Abwärmenutzung in Abwasserleitungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Abwärmenutzung aus Abwasserleitungen erfordert einen hohen technischen Aufwand. Voraussetzung hierfür sind große Kanalquerschnitte und relativ konstante (hohe) Abwasservolumenströme. Aufgrund der Siedlungsstruktur (EFH) kann darauf geschlossen werden, dass die Abwasservolumenströme nicht ausreichend sind, um eine Abwärmenutzung aus Abwasser zu realisieren.</li> </ul>	
Wärme aus Gewässern	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Keine angrenzenden Gewässer vorhanden.</li> </ul>	
Klein- und Mittelwindkraftanlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Technisch möglich.</li> <li>▪ Akzeptanz bei den Anwohnern evtl. kritisch.</li> </ul>	

Bereich	Beschreibung	Bewertung
Photovoltaik	<ul style="list-style-type: none"> <li>Grundsätzlich sind alle Gebäudedächer für PV nutzbar.</li> <li>Nach Südwesten / Südosten geneigte Dächer sind mit Abschlägen von max. 10% auf den Jahresertrag nutzbar.</li> </ul> 	
Biomasse (für zentrale Wärme- erzeugung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Für Brennstofflagerung von fester Biomasse steht keine Fläche zur Verfügung (Zentrale Wärme-erzeugung), ohne dass Wohneinheiten wegfallen würden.</li> <li>Gasförmige Biomasse – Biogas/Biomethan – wäre über das Erdgasversorgungsnetz nutzbar.</li> <li>Der Preis von Biogas/Biomethan ist höher als der von Erdgas.</li> </ul>	
Kraft-Wärme-Kopplung (für zentrale Wärme- erzeugung)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Technisch machbar, bspw. als Mini-BHKW oder Brennstoffzelle im Gebäude.</li> <li>Bei Einsatz von Erdgas stellt sich die Frage, ob KWK wirklich als Erneuerbare Energie betrachtet wird.<sup>11</sup></li> <li>Bei Einsatz von Biogas/Biomethan stellt sich die Frage der Wirtschaftlichkeit im Vergleich zu Wärmepumpenlösungen.</li> </ul>	
„Grüner“ Wasserstoff aus Windkraft / Bio- masse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erzeugung vor Ort nicht vorhanden. Hierfür ist im Idealfall ein Nahwärmenetz in der Nähe zu den regenerativen Stromerzeugern erforderlich, um die Wärme aus den Umwandlungsprozessen wirtschaftlich nutzen zu können.<sup>12</sup></li> </ul>	

Gute und vor allem nutzbare Potenziale sind demnach in den Bereichen Geothermie, Umgebungswärme, Solarthermie und Photovoltaik zu sehen.

<sup>11</sup> Für die Erneuerbare Energien Klasse der KfW in den Effizienzhausprogramm gilt KWK aus Erdgas nicht als Erneuerbare Energie.

<sup>12</sup> Der Verfasser hat an einer Machbarkeitsstudie zur Wasserstoffherzeugung in Kombination mit einem Nahwärmenetz mitgewirkt – Projekt unter <https://luebesse-energie.de/projekt-luebesse/> beschrieben.

## 6.4 Potenzial Solarthermie

Sonnenenergie lässt sich mittels Flach- oder Röhrenkollektoren auf dem Dach (ggf. auch an der Fassade) nutzbar machen. Die Sonne erwärmt die in den Kollektoren zirkulierende Sole, die wiederum ihre Wärme über einen Wärmetauscher an einen Speicher im Gebäude abgibt.

In der einfachsten Lösung ist dieses ein bivalenter Trinkwarmwasserspeicher. Bivalent meint in diesem Zusammenhang, dass der Speicher nicht nur durch die Kollektoren, sondern auch durch einen weiteren Wärmeerzeuger beheizt wird. Die Solarthermie lässt sich aber auch zusätzlich heizungsunterstützend nutzen.

In der Regel sind für eine Wohneinheit Kollektorflächen von ca. 3,5 - 5m<sup>2</sup> zu planen.

Als Jahresertrag der Solarthermie lässt sich – je nach Ausrichtung und Neigung – eine Größenordnung von bis zu 2.000 kWh/a abschätzen, die heizungsunterstützend und für die Trinkwarmwasserbereitung genutzt werden kann.

## 6.5 Potenzial Photovoltaik Stromerträge

Für den Standort wurde eine Performance Berechnung mit dem PVGIS des EU Science Hub mit dem Ziel durchgeführt, den durchschnittlichen spezifischen Ertrag für 1 kWp PV-Leistung zu ermitteln.

Im Ergebnis erhält man für eine Süd-Ausrichtung und Neigung der Module von 30° einen spezifischen Stromertrag von rund 990 kWh je kWp Anlagenleistung und Jahr. Für eine Westsüdwest-Ausrichtung mit 45° Modulneigung – wie sie bei den EFH mit Satteldach vorliegt – wurde ein spezifischer Ertrag von 842 kWh/kWp\*a simuliert.

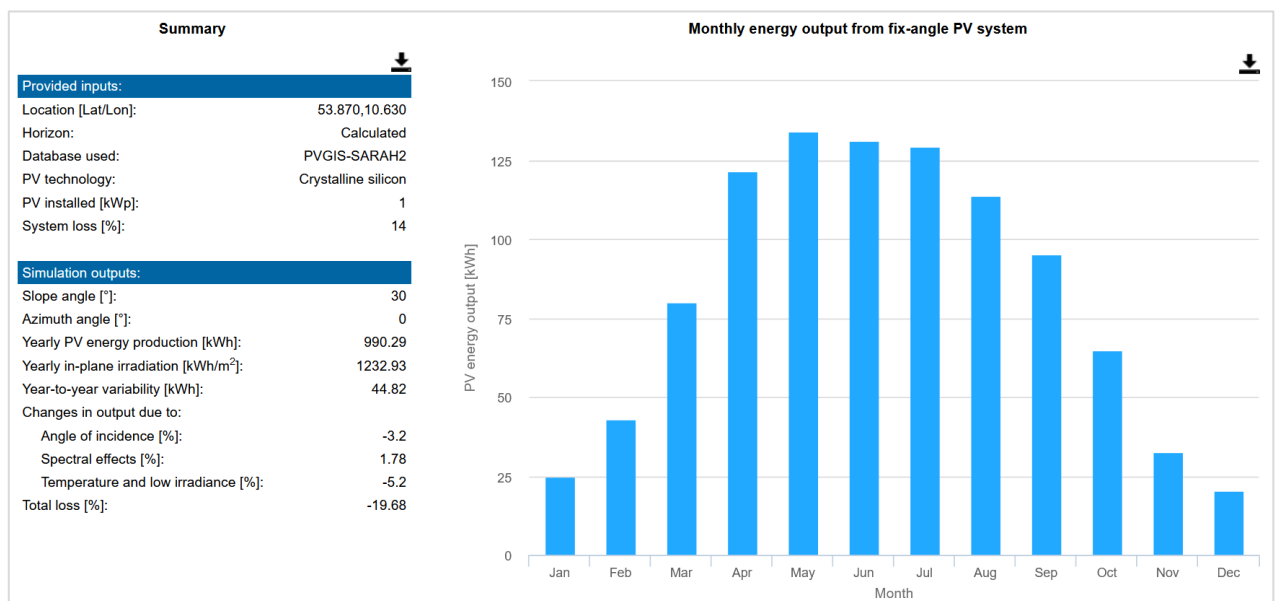


Abbildung 8: Ermittlung des spezifischen PV-Ertrags am Standort für Südwest Ausrichtung der Module (Quelle: EU Science Hub - Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS))

Mit diesen spezifischen Ertragswerten wurde für das Baugebiet das Photovoltaik-Potenzial abgeschätzt. Die in Frage kommende Dachfläche wurde über die Grundfläche der Gebäude abgeschätzt. Von der Grundfläche waren dann flächenmindernde Faktoren, wie Wartungsgänge, Verschattungsabstände, technische Anlagen auf dem Dach sowie Dachfenster zu berücksichtigen:

Tabelle 10: Abschätzung PV-Potenzial des Baugebietes

	A	B	C	$D=B*C*x\%$	$E=B*C*D$	$F=E/1,6m^2$	$G=F*0,3\text{ kWp}$	$H=G*\text{spez. Ertrag}$	$I=H*0,56\text{ kg CO}_2/\text{kWh}$
Gebäudetyp	Anzahl	Breite [m]	Länge [m]	Faktor für Abschätzung belegbare Dachfläche	Abschätzung belegbare Dachfläche [m <sup>2</sup> ]	Abschätzung Anzahl Module je Gebäude	Abschätzung Leistung je Gebäude bei Ansatz 300 W/Modul [kWp]	Abschätzung Jahresertrag je Gebäude mit spez. Ertrag wie vor	Abschätzung Einsparpotenzial CO <sub>2</sub> -Emission [kg CO <sub>2</sub> Äq/a]
EFH Gründach	32	10	12	40%	48,0	30	9,00	8.910	4.990
EFH Satteldach	4	10	12	37%	44,4	28	8,40	7.073	3.961
RH	13	10,5	7,75	40%	32,6	20	6,00	5.940	3.326
KiTa	1	17,5	28,5	40%	199,5	125	37,50	37.125	20.790
<b>Summe alle Gebäude</b>					<b>2.336</b>	<b>1.457</b>	<b>437,1</b>	<b>427.756</b>	<b>239.543</b>

Bei einer Belegung aller für PV nutzbaren Dachflächen lässt sich ein Stromertrag von rund 427 MWh pro Jahr generieren bzw. CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Größenordnung von 240 t einsparen. Der in Tabelle 7 dargestellte Nutzerstrombedarf des Baugebietes von rund 170 MWh pro Jahr (ohne E-Mobilität) könnte bilanziell über die Nutzung von Photovoltaik auf ca. 40% der Dachflächen gedeckt werden.

## 7 Konzeptentwicklung

Für die Konzeptentwicklung wurden das EH55 und das EH40 für die verbesserte Variante zugrunde gelegt. Da das EH55 als Mindestanforderung zugrunde zu legen und damit auch die Effizienzhaus-Systematik zu beschreiben war, wurde sich für das EH40 entschieden – auch weil eine Darstellung des Passivhausstandards mit den dazu gehörenden Randbedingungen wesentlich komplexer ist.

### 7.1 Gebäudehülle

Der Transmissionswärmeverlust der Gebäudehülle ist im EH55 gegenüber dem Referenzgebäude nach Gebäudeenergiegesetz (GEG) 30%, im EH40 45% geringer zu realisieren (vgl. Abbildung 2).

Hierfür müssen die Qualitäten der Bauteile entsprechend dimensioniert werden. Die nachfolgende Tabelle gibt eine Abschätzung der erforderlichen U-Werte der Bauteile bzw. Dämmstärken in den opaken Bauteilen aus der Erfahrung des Verfassers aus begleiteten und gebauten Wohngebäude-Projekten wieder.

Tabelle 11: Vergleich Dämmstärken Energiestandards (Wohngebäude)

Bauteil	GEG		EH55		EH40	
	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Dämmstärke WLG	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Dämmstärke WLG	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Dämmstärke WLG
Außenwand	0,28	12cm WLG 035	0,17	20cm WLG 035	0,13	22cm WLS 032
(Flach-) Dach	0,20	18cm WLG 035	0,14	24cm WLG 035	0,12	32cm WLS 032
Sohle <sup>13</sup> Außenwand Erdreich	0,35	10cm WLS 036	0,24	14 cm WLS 036	0,17	20cm WLS 036
Fenster	1,3	Zweifach- verglasung	0,90	Dreifach- verglasung	0,8	Dreifach- verglasung
Wärmebrücken $\Delta U_{WB}$	0,05		0,035		0,025	

Die Wärmeleitgruppen/-stufen beziehen sich auf die Anwendungsfälle. Angegeben sind die Bemessungswerte der Dämmstoffe. Dämmstoffe aus Polystyrol sollten vermieden werden, da sie eine im Vergleich zu anderen Dämmstoffen, wie bspw. Mineral- und Steinwolle sowie Holzfaserdämmstoffen, schlechtere Ökobilanz aufweisen.

Je nach Konstruktion und Kubatur sind Abweichungen von den abgeschätzten Werten möglich.

<sup>13</sup> Ohne Trittschalldämmung bei schwimmendem Estrich.



Die Gebäudehülle aktueller Neubauprojekte im Nichtwohngebäudebereich orientieren sich nicht am Mindeststandard nach GEG. Die sich ergebenden mittleren U-Werte, insbesondere im Bereich der opaken Bauteile liegen momentan im Bereich des EG55-Standards.<sup>14</sup> Hintergrund ist, dass aus den Mindestanforderungen nach GEG Bauteilwerte resultieren würden, die so nicht mehr unter Nachhaltigkeitsaspekten verantwortungsvoll planbar sind, bspw. 10cm Außenwanddämmung. Zum Vergleich: Bei einer Sanierung von massiven Außenwänden müssten diese eine Wärmedämmung mit 14cm Stärke und Wärmeleitgruppe 035 erhalten, um den Anforderungswert von 0,24 W/m<sup>2</sup>K aus der Anlage 7 GEG einzuhalten.

Tabelle 12: Vergleich Dämmstärken Energiestandards (Nichtwohngebäude)

Bauteil	EG55		EG40	
	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Dämmstärke WLG	U-Wert [W/m <sup>2</sup> K]	Dämmstärke WLG
Außenwand	0,24	14cm WLG 035	0,19	16cm WLG 035
(Flach-) Dach	0,24	16cm WLG 040	0,19	20cm WLG 040
Sohle <sup>15</sup> Außenwand Erdreich	0,24	10 cm WLS 038	0,22	12cm WLS 038
Fenster	1,2	Zweifach- verglasung	0,8	Dreifach- verglasung
Wärmebrücken $\Delta U_{WB}$	0,05		0,05	

## 7.2 Wärmeversorgung

In Abschnitt 6.3 wurde das Potenzial der verschiedenen Technologien für die Nutzung Erneuerbarer Energie dargestellt. Die Wärmepumpentechnologie wurde als am geeignetsten für die Wärmeerzeugung für die Gebäude bewertet. Photovoltaik und Solarthermie wurden als ergänzende Komponenten zur Nutzung Erneuerbarer Energie dargestellt.

Folgende Varianten für die Wärmeerzeugung wurden für die Gebäudetypen untersucht:

<sup>14</sup> Erfahrung des Verfassers

<sup>15</sup> Ohne Trittschalldämmung bei schwimmendem Estrich.

Tabelle 13: Übersicht Varianten

Variante <sup>16</sup>		Effizienzstandard Gebäude
1	EH55-LW-WP	EH 55 mit Luft-Wasser-Wärmepumpe
2	EH55-SW-WP	EH55 mit Sole-Wasser-Wärmepumpe (Geothermie)
3	EH40-LW-WP	EH40 mit Luft-Wasser-Wärmepumpe
4	EH40-SW-WP	EH40 mit Sole-Wasser-Wärmepumpe (Geothermie)
5	„Klimaschutz“	EH40 mit Sole-Wasser-Wärmepumpe (Geothermie) sowie vollständiger Ausnutzung des Photovoltaik-Potenzials

Alle Wohngebäude werden als natürlich belüftet angenommen. Für fensterlose Sanitärräume wird eine ventilatorgestützte Feuchteschutzlüftung unterstellt.

Für die KiTa wird eine zentrale Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung für die Küchen- und fensterlosen Bereiche angenommen. Für die Gruppenräume wird eine hybride Lüftung aus Fensterlüftung und dezentraler maschineller Lüftung angesetzt.

Die Klimaschutz-Variante wurde von der Variante EH40-SW-WP abgeleitet. In dieser Variante wurde die vollständige Realisierung des Photovoltaik-Potenzials der Dachflächen angenommen.

### 7.3 Technische Realisierung

Folgende Heizleistungen wurden für die Wärmeerzeuger auf der Grundlage von Erfahrungswerten aus anderen Projekten angesetzt:

Tabelle 14: Ansätze erforderliche Heizleistung Wärmeerzeuger

Gebäudetyp	Heizleistung [kW]	
	EH55	EH40
EFH	6,6	5,6
RH	5,2	4,4
KiTa	47,1	40,0

Die Heizlast eines Effizienzhausstandard 55 kann mit  $40 \text{ W/m}^2_{\text{BGF}}$  abgeschätzt werden. Die des EH40 wurde mit dann mit 15 % weniger, also  $30 \text{ W/m}^2_{\text{BGF}}$  abgeschätzt.

<sup>16</sup> Zur Vereinfachung wird „EH“ verwendet. Das Effizienzgebäude „EG“ ist darin miteingeschlossen.

Aufgrund der geringen Heizleistungen sind die vorhandenen (unbebauten) Flächen für eine Sondierung als ausreichend zu bewerten, so dass auch die erforderlichen Abstände zwischen den Sonden untereinander, aber auch zu Grundstücksgrenzen und Baukörper eingehalten werden können.

Hinsichtlich der Anzahl an erforderlichen Sonden kann auf Basis der Abschätzung der Heizlast für ein EFH oder RH von maximal 2 Sonden für den EH55 und einer Sonde für EH40 ausgegangen werden, bei einer Sondentiefe von max. 100m und einer Entzugsleistung von ca. 50-60 W/m je Sonde.

Für die KiTa ist von 8 Sonden für den EG55-Standard und 7 Sonden für den EG40-Standard auszugehen.

Die Effizienz von Wärmepumpen wird mit dem Kennwert COP (Coefficient of Performance) beschrieben. Für die zwei verschiedenen Arten von Wärmepumpen wurden folgende COP-Werte auf der Grundlage von Vergleichsobjekten abgeschätzt. Die angegebenen Werte stellen solide, technisch machbare Ansätze für die beiden Wärmepumpenarten dar:

Tabelle 15: Abschätzung durchschnittliche COP-Werte

Bauart Wärmepumpe	Erreichbarer COP
Luft-Wasser	3,8
Sole-Wasser	4,5

Im Hinblick auf die Erreichung des jeweiligen Effizienzhausstandards wurde anhand von vergleichbaren Objekten und deren Energiebilanz, ermittelt nach DIN V 18599, geprüft, ob und in welcher Größenordnung Photovoltaik-Anlagen erforderlich sind:

Tabelle 16: Ansätze für erforderliche PV Leistung zur Erreichung EH-Standard bzw. Klimaschutz-Variante

Gebäudetyp	PV Leistung [kWp]				Klimaschutz
	EH55-LW-WP	EH55-SW-WP	EH40-LW-WP	EH40-SW-WP	
EFH Gründach	-	-	1	-	8,4
EFH Satteldach	-	-	1	-	8,4
RH	-	-	1,6	0,9	4,8
KiTa	8	0	37	28	37

Für den EH/EG40-Standard mit Luft-Wasser-Wärmepumpe ist grundsätzlich eine PV-Anlage erforderlich. Bei Einsatz einer Sole-Wasser-Wärmepumpe ist nur beim EFH keine PV-Anlage zur Erreichung des EH/EG40 erforderlich.

In der Klimaschutz-Variante wurden die in 6.5 ermittelten, maximal möglichen Leistungen der Photovoltaik-Anlagen je Gebäudetyp angesetzt. Für die komplette Ausnutzung des Potenzials wurde in dieser Variante im Weiteren ein Batteriespeicher mitberücksichtigt.

## 8 Endenergie- und CO2-Bilanz Gebäude

Auf der Grundlage der dargelegten Daten und Annahmen wurden folgende Endenergie- und CO2-Bilanzen für die Neubauten und das Baugebiet abgeschätzt.

Abweichend von der eigenen Darstellung in Abschnitt 6.1 sollten die CO2-Emissionsfaktoren für Strom für die CO2-Bilanzierung dem Anforderungsprofil für die Ausschreibung eines Energiekonzeptes – Stufe 1 zum Bebauungsplan 19.03.00 der Hansestadt Lübeck entnommen werden:

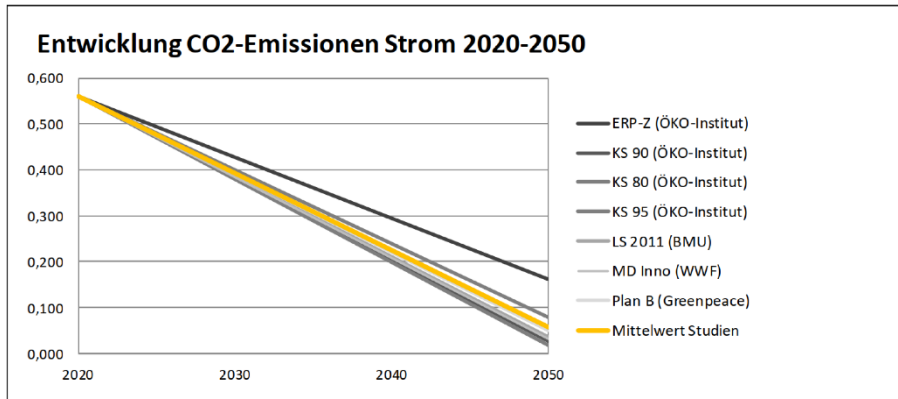


Abbildung 9: Entwicklung CO2-Emissionen Strom (Quelle: Anforderungsprofil für die Ausschreibung eines Energiekonzeptes Stufe 1, Hansestadt Lübeck / Energiekonzept Lauerhofer Feld. KApplus Ingenieur-Büro Volpert)

Für den Mittelwert der Studien erhält man für die zu betrachtenden Zeitpunkte:

Tabelle 17: Ansätze CO2-Emissionsfaktoren Strom

	2021	2030	2050
CO2-Emissionsfaktor [kg CO <sub>2</sub> / kWh]	0,56	0,39	0,05

Diese CO2-Emissionsfaktoren wurden im Folgenden für die CO2-Bilanzierung angesetzt.

## 8.1 Endenergiebedarfsabschätzung für Gebäudetypen

In allen betrachteten Wärmeversorgungsvarianten kommen strombasierte Wärmepumpen zum Einsatz. Somit ist als Energieträger für die Gebäudekonditionierung ausschließlich Strom zu betrachten.

Als „Strombedarf Wärmepumpe“ wird im Folgenden die Energie verstanden, die für den Betrieb der Wärmepumpe zur Erzeugung der Wärme für Heizen und Trinkwarmwasserbereitung erforderlich ist. Der „Strombezug extern“ gibt an, wie viel Strom aus dem öffentlichen Netz entweder bezogen wird bzw. – wenn die Strommenge ein negatives Vorzeichen hat – eingespeist wird oder zur Selbstnutzung zur Verfügung steht.

Für die Endenergiebedarfe bzw. den aus dem öffentlichen Netz zu beziehendem Strom der jeweiligen Gebäudetypen lassen sich auf der Grundlage der ermittelten Nutzenergiebedarfe und der dargestellten Variantenkonzepte folgende Werte abschätzen:

Tabelle 18: Endenergieabschätzung auf Einzelgebäudeebene – EH55-LW-WP

Variante 1: EH 55 mit Luft-Wasser- Wärmepumpe	Endenergiebedarf [kWh/a]			
	Strombedarf Wärmepumpe	Bedarf Nutzerstrom	erzeugter Strom PV	Strombezug extern
EH Gründach	4.150	2.800	0	6.950
EH Satteldach	4.150	2.800	0	6.950
RH	2.743	2.588	0	5.331
KiTa	35.294	35.294	4.800	65.788

Tabelle 19: Endenergieabschätzung auf Einzelgebäudeebene – EH55-SW-WP

Variante 2: EH55 mit Sole-Wasser- Wärmepumpe	Endenergiebedarf [kWh/a]			
	Strombedarf Wärmepumpe	Bedarf Nutzerstrom	erzeugter Strom PV	Strombezug extern
EH Gründach	3.459	2.800	0	6.259
EH Satteldach	3.459	2.800	0	6.259
RH	2.286	2.588	0	4.874
KiTa	29.412	35.294	0	64.706

Tabelle 20: Endenergieabschätzung auf Einzelgebäudeebene – EH40-LW-WP

Variante 3: EH40 mit Luft-Wasser- Wärmepumpe	Endenergiebedarf [kWh/a]			
	Strombedarf Wärmepumpe	Bedarf Nutzerstrom	erzeugter Strom PV	Strombezug extern
EH Gründach	3.706	2.800	720	5.786
EH Satteldach	3.706	2.800	864	5.642
RH	2.472	2.588	1.536	3.524
KiTa	31.482	35.294	36.000	30.776

Tabelle 21: Endenergieabschätzung auf Einzelgebäudeebene – EH40-SW-WP

Variante 4: EH40 mit Sole-Wasser- Wärmepumpe	Endenergiebedarf [kWh/a]			
	Strombedarf Wärmepumpe	Bedarf Nutzerstrom	erzeugter Strom PV	Strombezug extern
EH Gründach	3.088	2.800	0	5.888
EH Satteldach	3.088	2.800	0	5.888
RH	2.060	2.588	864	3.784
KiTa	26.235	35.294	26.880	34.649

Tabelle 22: Endenergieabschätzung auf Einzelgebäudeebene – Klimaschutz-Variante

Variante 5: Klimaschutz	Endenergiebedarf [kWh/a]			
	Strombedarf Wärmepumpe	Bedarf Nutzerstrom	erzeugter Strom PV	Strombezug extern
EH Gründach	3.088	2.800	8.640	-2.752
EH Satteldach	3.088	2.800	7.258	-1.370
RH	2.060	2.588	5.760	-1.112
KiTa	26.235	35.294	36.000	25.529

Grafisch lassen sich die Ergebnisse wie folgt darstellen:

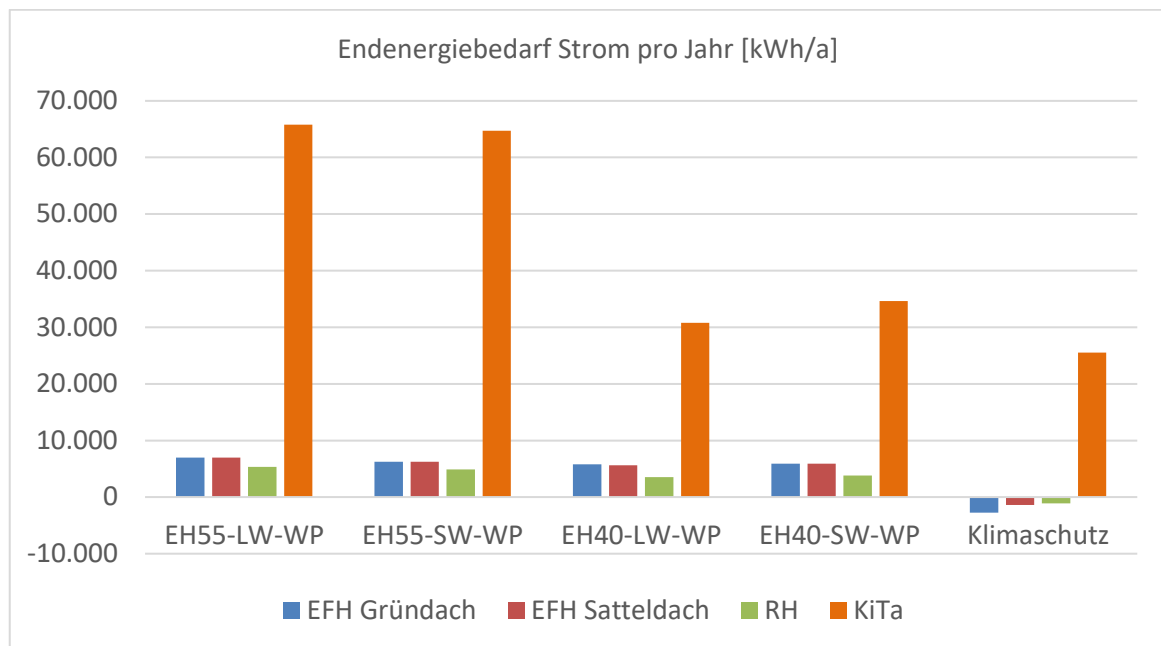


Abbildung 10: Endenergiebedarf Strom pro Jahr in den Varianten nach Gebäudetypen

In der vorstehenden Abbildung wird der bessere (bauliche) energetische Standard deutlich: Die EH40-Varianten liegen hinsichtlich ihres Endenergiebedarfes unter den EH55-Varianten der jeweiligen Gebäudetypen. Zudem wird deutlich, dass die Leistung der PV-Anlage maßgeblich den Endenergiebedarfs des Gebäudes bedingt. Deutlich wird dieses bspw. anhand der EG40-Varianten für die KiTa: Die gegenüber EG40-SW-WP größere PV-Anlage führt zu einem bilanziell geringeren Energiebedarf der Variante EG40-LW-WP, obwohl die Geothermie die effizientere Wärmeerzeugung ist.

Die Klimaschutz-Variante wird für die Gebäudetypen EFH und RH zu einer Plusenergiehaus-Variante.

## 8.2 CO<sub>2</sub>-Bilanz für Gebäudetypen

Die Endenergiebedarfe aus dem vorigen Abschnitt lassen sich mit dem CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für den Strom-Mix Deutschland gemäß Gebäudeenergiegesetz bewerten. Derzeit liegt dieser bei 0,56 kg CO<sub>2</sub>/kWh. Somit ergibt sich unter Berücksichtigung der Bruttogrundflächen der Gebäudetypen nach Tabelle 4:

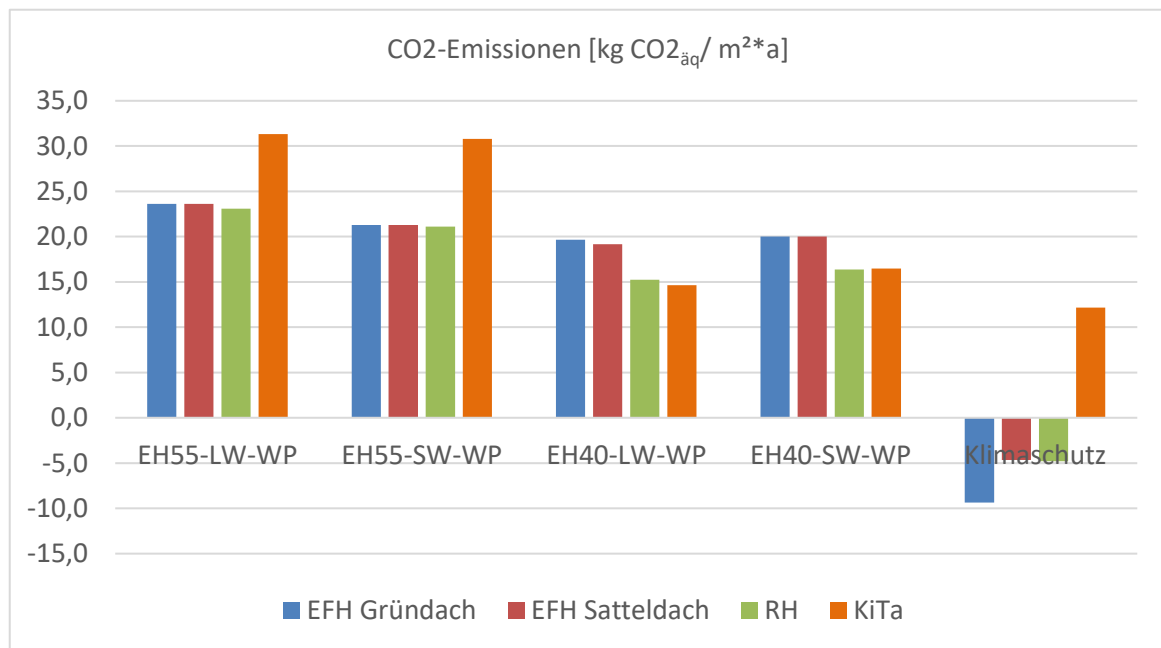


Abbildung 11: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Varianten nach Gebäudetypen

In den EH40-Varianten profitieren insbesondere die Reihenhäuser vom Ansatz der Photovoltaik. Diese ist in den EH55 Varianten nicht enthalten, da sie zur Erreichung des Effizienzhausstandards nicht erforderlich ist.



### 8.3 Endenergieabschätzung Quartier

Für das gesamte Bebauungsgebiet lassen sich auf der Grundlage der Ergebnisse des vorherigen Abschnittes folgende Energiebedarfe für die Varianten abschätzen:

Tabelle 23: Endenergieabschätzung gesamt mit zugehörigen CO2-Emissionen – EH55-LW-WP

Gebäude	Strombezug gesamt [kWh/a]	CO2-Emission nach GEG [kg CO2/a]	CO2-Emission Prognose 2030 [kg CO2/a]	CO2-Emission Prognose 2050 [kg CO2/a]
EFH Gründach	222.411	124.550	86.740	11.121
EFH Satteldach	27.801	15.569	10.843	1.390
RH	69.307	38.812	27.030	3.465
KiTa	65.788	36.841	25.657	3.289
<b>Gesamt</b>	<b>385.307</b>	<b>215.772</b>	<b>150.270</b>	<b>19.265</b>

Tabelle 24: Endenergieabschätzung gesamt mit zugehörigen CO2-Emissionen – EH55-SW-WP

Gebäude	Strombezug gesamt [kWh/a]	CO2-Emission nach GEG [kg CO2/a]	CO2-Emissionen Prognose 2030 [kg CO2/a]	CO2-Emission Prognose 2050 [kg CO2/a]
EFH Gründach	200.275	112.154	78.107	10.014
EFH Satteldach	25.034	14.019	9.763	1.252
RH	63.363	35.483	24.712	3.168
KiTa	64.706	36.235	25.235	3.235
<b>Gesamt</b>	<b>353.378</b>	<b>197.892</b>	<b>137.818</b>	<b>17.669</b>

Tabelle 25: Endenergieabschätzung gesamt mit zugehörigen CO2-Emissionen – EH40-LW-WP

Gebäude	Strombezug gesamt [kWh/a]	CO2-Emission nach GEG [kg CO2/a]	CO2-Emissionen Prognose 2030 [kg CO2/a]	CO2-Emission Prognose 2050 [kg CO2/a]
EFH Gründach	185.141	103.679	72.205	9.257
EFH Satteldach	22.567	12.637	8.801	1.128
RH	45.806	25.651	17.864	2.290
KiTa	30.776	17.235	12.003	1.539
<b>Gesamt</b>	<b>284.290</b>	<b>159.202</b>	<b>110.873</b>	<b>14.214</b>

Tabelle 26: Endenergieabschätzung gesamt mit zugehörigen CO2-Emissionen – EH40-SW-WP

Gebäude	Strombezug gesamt [kWh/a]	CO2-Emission nach GEG [kg CO2/a]	CO2-Emissionen Prognose 2030 [kg CO2/a]	CO2-Emission Prognose 2050 [kg CO2/a]
EFH Gründach	188.417	105.513	73.483	9.421
EFH Satteldach	23.552	13.189	9.185	1.178
RH	49.187	27.545	19.183	2.459
KiTa	34.649	19.404	13.513	1.732
<b>Gesamt</b>	<b>295.805</b>	<b>165.651</b>	<b>115.364</b>	<b>14.790</b>

Tabelle 27: Endenergieabschätzung gesamt mit zugehörigen CO2-Emissionen – Klimaschutz-Variante

Gebäude	Strombezug gesamt [kWh/a]	CO2-Emission nach GEG [kg CO2/a]	CO2-Emissionen Prognose 2030 [kg CO2/a]	CO2-Emission Prognose 2050 [kg CO2/a]
EFH Gründach	-88.063	-49.315	-34.345	-4.403
EFH Satteldach	-5.478	-3.068	-2.137	-274
RH	-14.461	-8.098	-5.640	-723
KiTa	25.529	14.296	9.956	1.276
<b>Gesamt</b>	<b>-82.473</b>	<b>-46.185</b>	<b>-32.164</b>	<b>-4.124</b>

In der nachstehenden Abbildung sind die gesamten CO2-Emissionen je Variante aufgetragen:

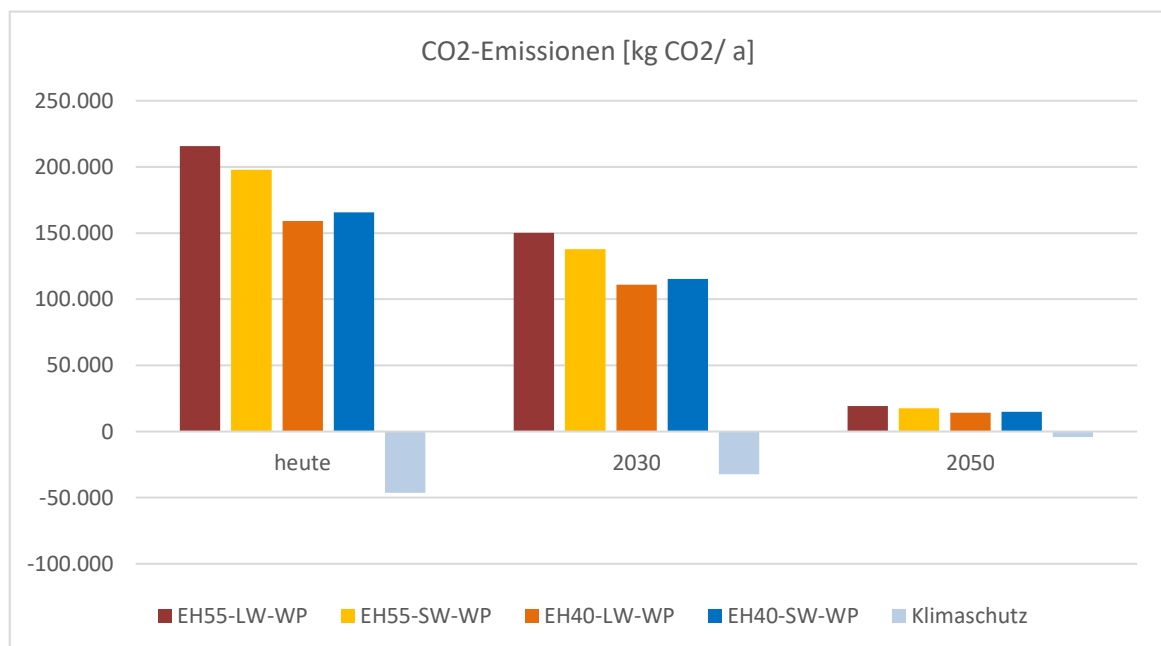


Abbildung 12: Absolute CO2-Emissionen der Varianten

Die absoluten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in Bezug auf eine Vergleichbarkeit von Baugebieten nicht geeignet, sondern müssen ins Verhältnis zur jeweiligen Bruttogrundfläche des Baugebiets gesetzt werden.

Diese auf die Bruttogrundfläche bezogenen spezifischen CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in folgender Abbildung dargestellt:

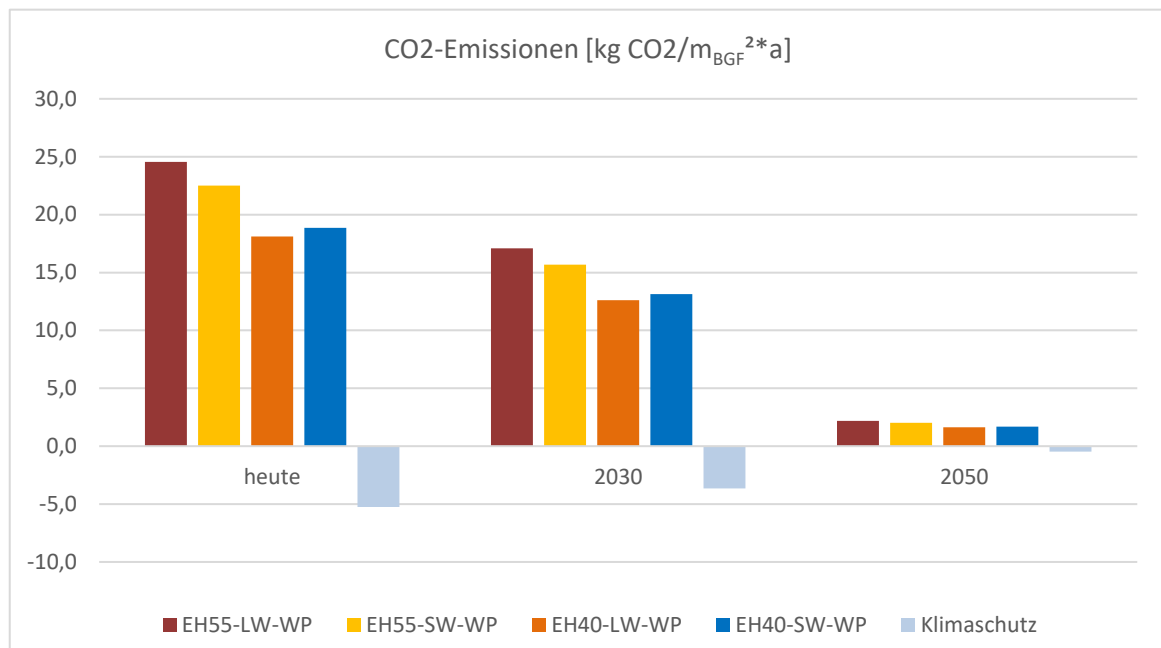


Abbildung 13: Spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen der Varianten

Aus Sicht der Höhe der CO<sub>2</sub>-Emissionen in den Varianten ist die Klimaschutz-Variante vor der Variante „EH40-LW-WP“ als vorteilhafteste für den Klimaschutz zu bewerten.

## 9 Investitionskosten

Für die Durchführung der Lebenszykluskostenbetrachtungen sind nur die Kostenpositionen ergebnisrelevant, in denen sich die Varianten unterscheiden. Insofern wurden die Kosten der Baukörper nicht betrachtet. Berücksichtigt wurden die Investitionskosten für die dargestellte Haustechnik sowie für die energetisch relevanten Bauteile der Gebäudehülle.

Die Abschätzung der Ansätze für die jeweiligen Investitionskosten erfolgte aus Erfahrungswerten aus vergleichbaren Projekten mit vergleichbaren Gebäuden sowie Kennwerten aus dem BKI.

### 9.1 Gebäudehülle

Für die Dämmung bzw. erforderlichen Dämmstärken in den Varianten sowie die Fenster wurden folgende Ansätze auf Basis eigener Kostenrecherchen für die Investitionskosten getroffen. Nicht enthalten sind Montagekosten, da sie in allen Varianten in gleicher Höhe entstehen. Die Kostenansätze gelten für alle Gebäudetypen.

Tabelle 28: Abschätzung spezifische Investitionskosten der Bauteile brutto

Bauteil	EH55 [€/m <sup>2</sup> brutto]	EH40 [€/m <sup>2</sup> brutto]
Dämmung Außenwand	112 €	138 €
Dämmung Bodenplatte	88 €	110 €
Dämmung Dach	131 €	154 €
Fenster	902 €	1.045 €

Eine konkrete Planung der Gebäude liegt noch nicht vor. Aus den Grundflächen der Gebäude wurde auf die Bauteilflächen geschlossen.

Tabelle 29: Für Kostenbetrachtung zugrunde gelegte Bauteilflächen

Bauteilfläche [m <sup>2</sup> ]	EFH Gründach	EFH Satteldach	RH	KiTa
Außenwand	147	147,0	75,0	1.000,0
Bodenplatte	120	120,0	72,0	500,0
Dach	120	170,0	102,0	500,0
Fenster	35,0	35,0	25,0	210,0

Mit den Bauteilflächen und den spezifischen Investitionskosten wurde dann auf die hochbaulichen Kostenbestandteile geschlossen, die für den Vergleich relevant sind.

Tabelle 30: Abschätzung absolute Investitionskosten brutto Dämmung und Fenster

Bauteil	EFH Gründach		EFH Satteldach	
	EH55	EH40	EH55	EH40
Dämmung Außenwand	16.464 €	20.286 €	16.464 €	20.286 €
Dämmung Bodenplatte	10.560 €	13.200 €	10.560 €	13.200 €
Dämmung Dach	15.720 €	18.480 €	22.270 €	26.180 €
Fenster	31.570 €	36.575 €	31.570 €	36.575 €
<b>Gesamt</b>	<b>74.314 €</b>	<b>88.541 €</b>	<b>80.864 €</b>	<b>96.241 €</b>
<b>Mehraufwand EH40 zu EH55</b>	19,1 %		19,0 %	

Bauteil	RH		KiTa	
	EH55	EH40	EH55	EH40
Dämmung Außenwand	8.400 €	10.350 €	112.000 €	138.000 €
Dämmung Bodenplatte	6.336 €	7.920 €	44.000 €	55.000 €
Dämmung Dach	9.432 €	11.088 €	65.500 €	77.000 €
Fenster	22.550 €	26.125 €	189.420 €	219.450 €
<b>Gesamt</b>	<b>46.718 €</b>	<b>55.483 €</b>	<b>410.920 €</b>	<b>489.450 €</b>
<b>Mehraufwand EH40 zu EH55</b>	18,8 %		19,1 %	

Für die energetisch bessere Hülle des EH/EG40 sind rund 19% höhere Investitionskosten aufzuwenden.

## 9.2 Haustechnik

Für die erforderlichen haustechnischen Anlagen wurden folgende Ansätze, insbesondere auf Basis der abgeschätzten Heizlast, für die Investitionskosten getroffen:

Tabelle 31: Abschätzung Investitionskosten Technikkomponenten brutto

Technikkomponente	Spezifische Kosten brutto
Luft-Wasser-Wärmepumpe bis 7 kW	8.000 €
Luft-Wasser-Wärmepumpe 40 kW	35.000 €
Luft-Wasser-Wärmepumpe 50 kW	45.000 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe bis 5 kW	9.000 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe bis 7 kW	12.000 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe bis 40 kW	30.000 €
Sole-Wasser-Wärmepumpe bis 50 kW	40.000 €
Erdsonde	1.500 €/10m Bohrtiefe
PV-Anlage	2.500 € je kWp Leistung
Batteriespeicher 10 kW RH	10.000 €
Batteriespeicher 12,8 kWh EFH und KiTa (2x12,8kWh)	13.000 € / Stck.

Deutlich wird, dass sich das Preisverhältnis zwischen Luft-Wasser- und Sole-Wasser-Wärmepumpen im Bereich größerer Leistung umkehrt, d.h. die Luft-Wasser-Wärmepumpen sind bei gleicher Leistung teurer anzusetzen.

Die Leistungen der PV-Anlagen werden insbesondere für den Gebäudetyp KiTa und bei den Wohngebäuden in der Klimaschutzvariante vergleichsweise groß. Um in diesen Fällen auch eine Selbstnutzung des Stroms abzubilden, wurden Batteriespeicher wie folgt in den Varianten angesetzt:

Tabelle 32: Ansätze Batteriespeicher in Varianten

	EFH Gründach	EFH Satteldach	RH	KiTa
EH55-LW-WP	-	-	-	-
EH55-SW-WP	-	-	-	-
EH40-LW-WP	-	-	-	2x 12,8 kWh
EH40-SW-WP	-	-	-	2x 10 kWh
Klimaschutz	1x 12,8 kWh	1x 12,8 kWh	1x 10 kWh	2x 12,8 kWh

Abhängig von der erforderlichen Heizleistung der Gebäudetypen lässt sich somit folgende Abschätzung für die betrachteten (Differenz-) Investitionskosten je Gebäudetyp und Variante treffen:

Tabelle 33: Abschätzung Investitionskosten Haustechnik je Gebäudetyp und Variante brutto

Gebäude- typ	Variante	Wärmepumpe	Erdsonde	PV + Batterie- speicher	Gesamt
<b>EFH Gründach</b>	EH55-LW-WP	8.000 €	-	-	8.000 €
	EH55-SW-WP	12000	16470	-	28.470 €
	EH40-LW-WP	8000	-	1.875 €	9.875 €
	EH40-SW-WP	12000	14.000 €	-	26.000 €
	Klimaschutz	12000	14.000 €	35.500 €	61.500 €
<b>EFH Satteldach</b>	EH55-LW-WP	8.000 €	-	-	8.000 €
	EH55-SW-WP	12000	16470	-	28.470 €
	EH40-LW-WP	8000	-	2.500 €	10.500 €
	EH40-SW-WP	12000	14.000 €	-	26.000 €
	Klimaschutz	12000	14.000 €	34.000 €	60.000 €
<b>RH</b>	EH55-LW-WP	8.000 €	-	-	8.000 €
	EH55-SW-WP	12000	12.940 €	-	24.940 €
	EH40-LW-WP	8000	-	4.000 €	12.000 €
	EH40-SW-WP	9000	10.999 €	2.250 €	22.249 €
	Klimaschutz	9000	10.999 €	25.000 €	44.999 €
<b>KiTa</b>	EH55-LW-WP	45.000 €	-	12.500 €	57.500 €
	EH55-SW-WP	40.000 €	117.647 €	-	157.647 €
	EH40-LW-WP	35.000 €	-	119.750 €	154.750 €
	EH40-SW-WP	30.000 €	100.000 €	90.000 €	220.000 €
	Klimaschutz	30.000 €	100.000 €	119.750 €	249.750 €

Es entstehen deutlich höhere Kosten für die Geothermie in den Varianten.

## 10 Fördermittel für Effizienzhäuser

Im Rahmen des Klimaschutzprogrammes 2030 hat die Bundesregierung die Förderung für energieeffiziente Gebäude weiterentwickelt. Effizienzhäuser wurden seit dem 01.07.2021 in der sogenannten „Bundesförderung für effiziente Gebäude“, abgekürzt BEG, von der KfW gefördert.

Effizienzhaus	(Tilgungs-)zuschuss in % je Wohneinheit 	Betrag je Wohneinheit 
Effizienzhaus 40 Plus	25 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 37.500 Euro
Effizienzhaus 40	20 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 24.000 Euro
Effizienzhaus 40 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse </u> oder <u>Nachhaltigkeits-Klasse </u>	22,5 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 33.750 Euro
Effizienzhaus 55	15 % von maximal 120.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 18.000 Euro
Effizienzhaus 55 <u>Erneuerbare-Energien-Klasse </u> oder <u>Nachhaltigkeits-Klasse </u>	17,5 % von maximal 150.000 Euro Kreditbetrag / förderfähigen Kosten	bis zu 26.250 Euro

Abbildung 14: Fördersystematik im BEG für Neubau von Wohngebäuden bis zum 24.01.2022 (Quelle: KfW)

Für die Erreichung der „EE-Klasse“ erhöht sich zum einen der Förderzuschuss um 2,5% zum anderen auch die förderfähigen Kosten als Bemessungsgrundlage des Zuschusses. Eine EE-Klasse wird dann erreicht, wenn mehr als 55% der im Gebäude benötigten Wärme durch Erneuerbare Energien gedeckt werden. Als Erneuerbare Energien werden in diesem Zusammenhang u.a. der Einsatz von Solarthermie, Holz und Biogas gesehen, nicht aber Photovoltaik oder ein mit Erdgas betriebenes BHKW.

Die „NH-Klasse“ Nachhaltigkeitsklasse wird durch eine Nachhaltigkeitszertifizierung des Gebäudes entsprechend den Vorgaben der KfW erreicht.

**Seit 24.01.2022 ist die beschriebene Förderung für Effizienzhäuser gestoppt. Zum jetzigen Zeitpunkt ist sicher, dass das Effizienzhaus 55 künftig nicht mehr gefördert wird. Ob und in welcher Größenordnung Effizienzhäuser 40 weitergefördert werden, war zum Zeitpunkt der Konzepterstellung nicht bekannt.**



## 11 Lebenszykluskostenbetrachtung

In der Lebenszykluskostenberechnung (LCC) wird in der Regel ein Zeitraum von 50 Jahren betrachtet. Grundlage sind die Herstellungskosten der Kostengruppen 300, 400 und 540 nach DIN 276.

Im vorliegenden Fall handelt es sich um eine **Differenzkostenbetrachtung** für den Variantenvergleich. Daher werden **nur die Kostenpositionen** betrachtet, **die für das Ergebnis des Vergleichs relevant** sind.

Die Berechnung erfolgt dynamisch mit jährlichen Preissteigerungen (allgemeine Preissteigerung, Preissteigerung Energiekosten). Der Berechnung liegt die dynamische Kapitalwertmethode zugrunde. Dabei werden alle Zahlungen im Zeitraum mit dem Kalkulationszinssatz auf den heutigen Zeitpunkt abgezinst, um den Barwert der Zahlungen zu berechnen.

Folgende Ansätze wurden getroffen:

Tabelle 34: Grundlegende Ansätze für die Lebenszykluskostenbetrachtung

	Ansatz
Betrachtungszeitraum	30 Jahre
Kalkulationszinssatz	1,5 % nominal p.a.
Allgemeine Preissteigerungsrate	2,0 % p.a.
Energiepreissteigerungsrate	2,0 % p.a.
Preisansatz Strombezug brutto	0,30 €/kWh
Ansatz CO <sub>2</sub> -Steuer	180 €/ t CO <sub>2</sub>
Nutzungsdauer Luft-Wasser-Wärmepumpe nach VDI 2067	18 Jahre
Nutzungsdauer Sole-Wasser-Wärmepumpe nach VDI 2067	20 Jahre

Die Ansätze wurden auf der Grundlage der jeweiligen Werte des 3. Quartals 2021 getroffen. Die Verwendung aktueller Preis und Preissteigerungsansätze wurde aufgrund der zum Berichtszeitpunkt auszumachenden Unsicherheiten der Entwicklung von Preisen und Preissteigerungsraten verworfen.

Auf der Grundlage der bisher ermittelten Ergebnisse und Ansätze wurde die Lebenszyklusbetrachtung für die Varianten durchgeführt.

Die Kostenarten Wartung und Instandsetzung sind dabei als Summenpositionen zu verstehen, in denen die jeweiligen Wartungs- und Instandsetzungskosten für die verschiedenen Technikkomponenten einer Variante aufsummiert sind.

### 11.1 Lebenszykluskosten Einfamilienhaus mit Gründach

Für den Gebäudetyp EFH Gründach wurden folgende Lebenszykluskosten ermittelt:

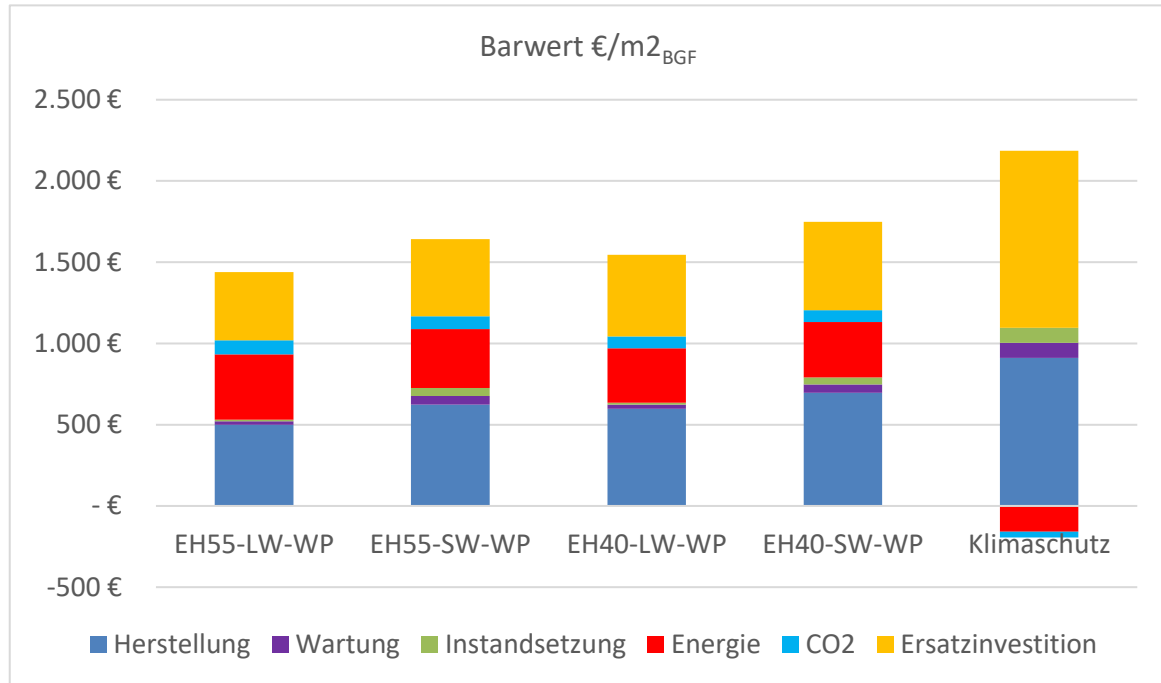


Abbildung 15: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten für den Gebäudetyp EFH Gründach

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Barwerte nochmals tabellarisch dargestellt:

Tabelle 35: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten bezogen auf m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> für Gebäudetyp EFH Gründach

Barwert €/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub>	Herstellung	Wartung	Instandsetzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatzinvestition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55-LW-WP	500 €	21 €	10 €	402 €	87 €	419 €	1.438 €	938 €
EH55-SW-WP	624 €	53 €	49 €	362 €	78 €	475 €	1.643 €	1.018 €
EH40-LW-WP	598 €	26 €	13 €	335 €	72 €	502 €	1.545 €	947 €
EH40-SW-WP	695 €	52 €	44 €	341 €	74 €	542 €	1.748 €	1.052 €
Klimaschutz	911 €	93 €	92 €	-159 €	-34 €	1.090 €	1.992 €	1.081 €

Etwas anschaulicher als die abgezinsten Zahlungen sind die absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren. Hierfür ergeben sich folgende Werte:

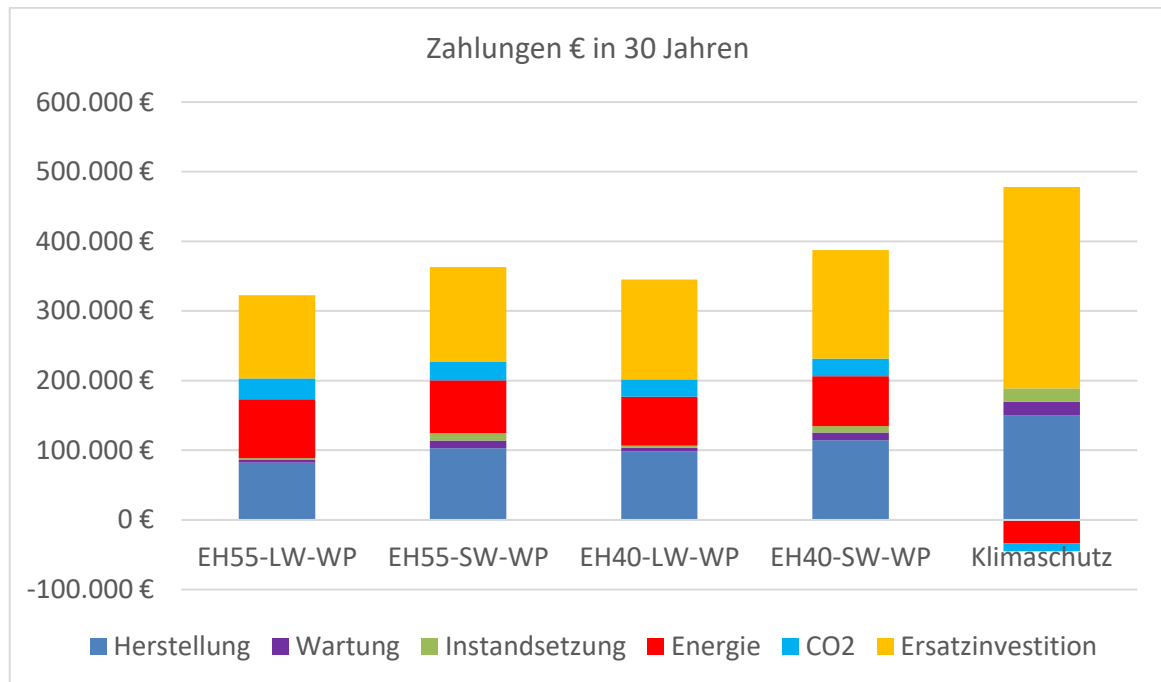


Abbildung 16: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für den Gebäudetyp EFH Gründach

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren nochmals tabellarisch dargestellt.

Tabelle 36: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für Gebäudetyp EFH Gründach

Zahlungen €/a	Herstellung	Wartung	Instandsetzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatzinvestition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55-LW-WP	82.314 €	4.345 €	2.142 €	84.589 €	29.776 €	119.731 €	322.897 €	240.583 €
EH55-SW-WP	102.784 €	11.225 €	10.362 €	76.170 €	26.813 €	135.989 €	363.342 €	260.558 €
EH40-LW-WP	98.416 €	5.379 €	2.674 €	70.414 €	24.787 €	143.645 €	345.314 €	246.898 €
EH40-SW-WP	114.541 €	10.870 €	9.290 €	71.660 €	25.225 €	155.952 €	387.537 €	272.996 €
Klimaschutz	150.041 €	19.511 €	19.371 €	-33.493 €	-11.790 €	289.058 €	432.698 €	282.657 €

Die Spalte Nutzung und Betrieb umfasst alle Kosten, die nach der Errichtung des Gebäudes und seiner technischen Anlagen entstehen. Die Spalte Ersatzinvestition spiegelt die Kosten wider, die für den Austausch von Anlagen nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer durch gleichwertige Anlagen entstehen.

Deutlich wird, dass der höherwertige Standard EH40 mit geringeren Energiekosten als beim EH55 einhergeht. Auch wird deutlich, dass eine PV-Anlage in der Lage ist, die Energiekosten zu senken – vergleicht man die Energiekostenergebnisse für EH40-LW-WP mit PV und EH40-SW-WP ohne PV.

Das Ergebnis für die Energiekosten der Klimaschutzvariante ist so zu interpretieren, dass eine Gutschrift bei den Energiekosten (und CO<sub>2</sub>-Kosten) generiert wird, die insbesondere für die Elektromobilität nutzbar ist. Dieser Sichtweise liegt die Annahme zugrunde, dass der erzeugte Strom auch vollständig durch die Bewohner und Bewohnerinnen selbst verbraucht wird.

Die Variante EH55-LW-WP generiert für den Gebäudetypen EFH die geringsten Herstellungskosten und ist auch bei der Betrachtung sowohl der Gesamtkosten im Zeitraum von 30 Jahren als auch der Kosten von Nutzung und Betrieb des Gebäudes (Wartung, Instandhaltung, Energie, CO<sub>2</sub>-Steuer, Ersatzinvestitionen) am wirtschaftlichsten.

### 11.2 Lebenszykluskosten Einfamilienhaus mit Satteldach

Für den Gebäudetyp EFH Satteldach wurden folgende Lebenszykluskosten ermittelt:

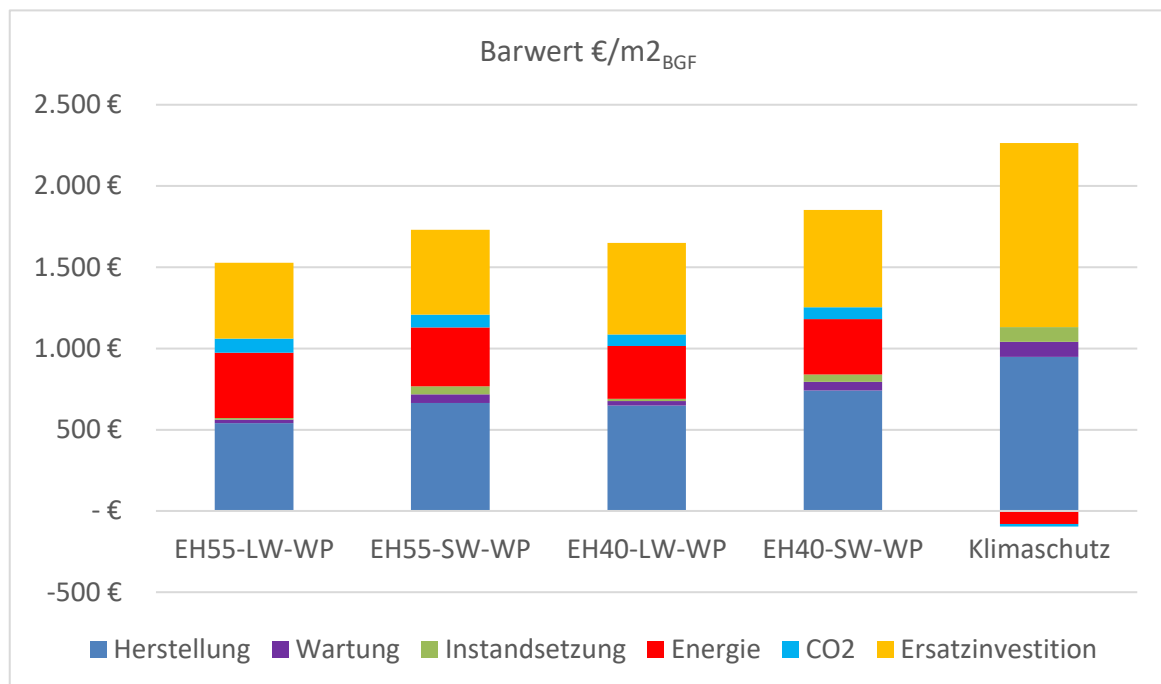


Abbildung 17: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten für den Gebäudetyp EFH Satteldach

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Barwerte nochmals tabellarisch dargestellt:

Tabelle 37: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten bezogen auf  $m^2_{BGF}$  für Gebäudetyp EFH Satteldach

Barwert €/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub>	Herstellung	Wartung	Instand- setzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatz- investition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55- LW-WP	540 €	22 €	10 €	402 €	87 €	466 €	1.527 €	987 €
EH55- SW-WP	664 €	55 €	49 €	362 €	78 €	523 €	1.731 €	1.067 €
EH40- LW-WP	648 €	28 €	14 €	326 €	70 €	563 €	1.649 €	1.001 €
EH40- SW-WP	742 €	53 €	44 €	341 €	74 €	598 €	1.852 €	1.110 €
Klima- schutz	949 €	93 €	90 €	-79 €	-17 €	1.132 €	2.167 €	1.219 €

Etwas anschaulicher als die abgezinsten Zahlungen sind die absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren. Hierfür ergeben sich folgende Werte:

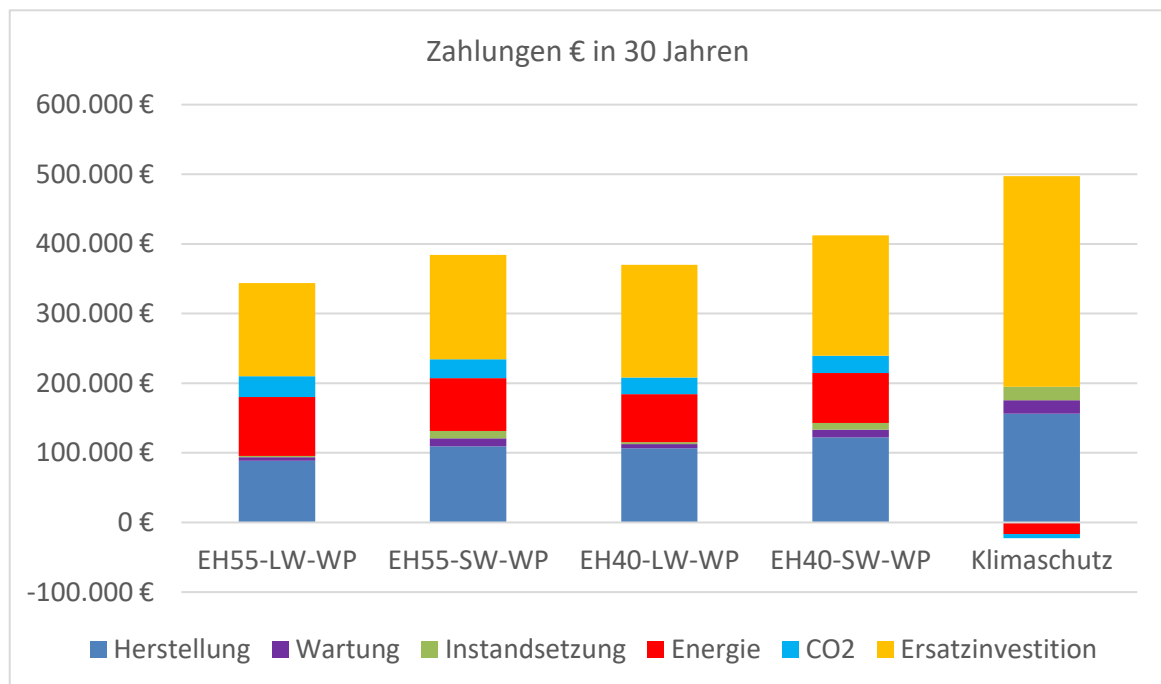


Abbildung 18: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für den Gebäudetyp EFH Satteldach

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren nochmals tabellarisch dargestellt:

Tabelle 38: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für Gebäudetyp EFH Satteldach

Zahlungen €/a	Herstellung	Wartung	Instandsetzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatzinvestition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55-LW-WP	88.864 €	4.611 €	2.142 €	84.584 €	29.777 €	133.910 €	343.888 €	255.024 €
EH55-SW-WP	109.334 €	11.490 €	10.362 €	76.175 €	26.812 €	150.168 €	384.341 €	275.007 €
EH40-LW-WP	106.741 €	5.843 €	2.852 €	68.666 €	24.169 €	161.630 €	369.901 €	263.160 €
EH40-SW-WP	122.241 €	11.182 €	9.290 €	71.659 €	25.225 €	172.620 €	412.218 €	289.977 €
Klimaschutz	156.241 €	19.458 €	18.945 €	-16.673 €	-5.868 €	302.566 €	474.670 €	318.429 €

Die Variante EH55-LW-WP generiert für den Gebäudetypen EFH die geringsten Herstellungskosten und ist auch bei der Betrachtung sowohl der Gesamtkosten im Zeitraum von 30 Jahren als auch der Kosten von Nutzung und Betrieb des Gebäudes (Wartung, Instandhaltung, Energie, CO2-Steuer, Ersatzinvestitionen) am wirtschaftlichsten.

### 11.3 Lebenszykluskosten Reihenhaus

Für den Gebäudetypen RH wurden folgende Lebenszykluskosten ermittelt:

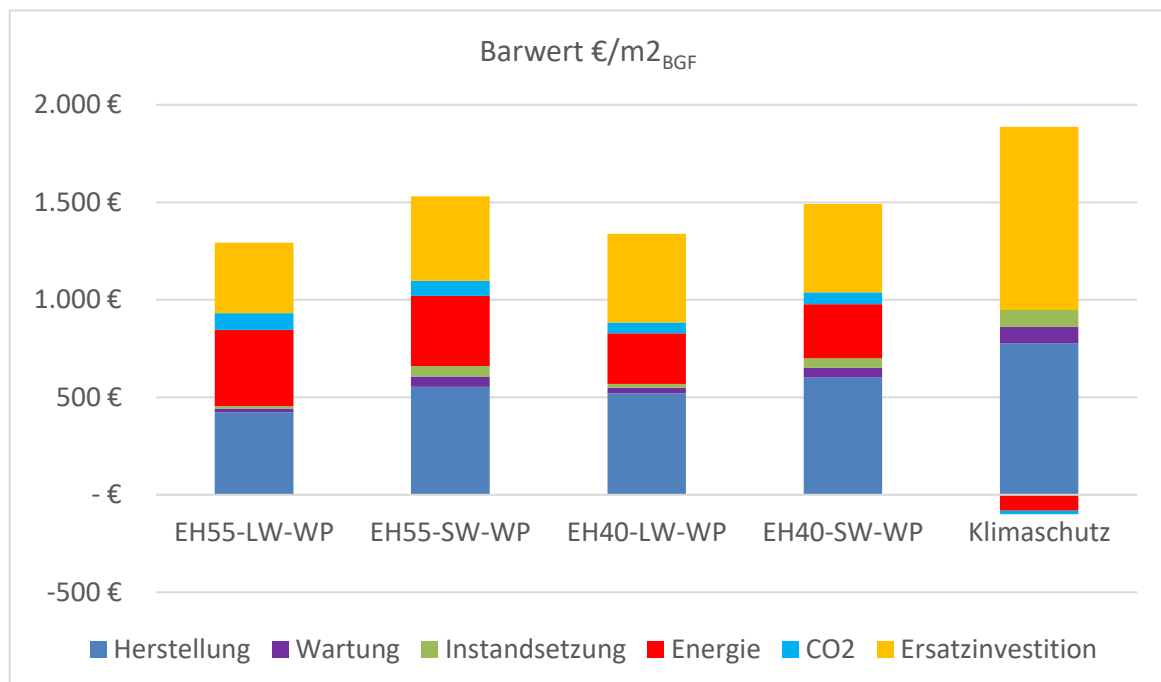


Abbildung 19: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten für den Gebäudetyp RH

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Barwerte nochmals tabellarisch dargestellt:

Tabelle 39: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten bezogen auf m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> für Gebäudetyp RH

Barwert €/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub>	Herstellung	Wartung	Instand- setzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatz- investition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55- LW-WP	423 €	20 €	13 €	391 €	85 €	361 €	1.293 €	870 €
EH55- SW-WP	554 €	53 €	53 €	359 €	78 €	434 €	1.531 €	977 €
EH40- LW-WP	522 €	28 €	20 €	260 €	56 €	454 €	1.338 €	817 €
EH40- SW-WP	601 €	51 €	47 €	279 €	60 €	454 €	1.492 €	891 €
Klima- schutz	777 €	85 €	86 €	-82 €	-18 €	939 €	1.787 €	1.011 €

Etwas anschaulicher als die abgezinste Zahlungen sind die absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren. Hierfür ergeben sich folgende Werte:

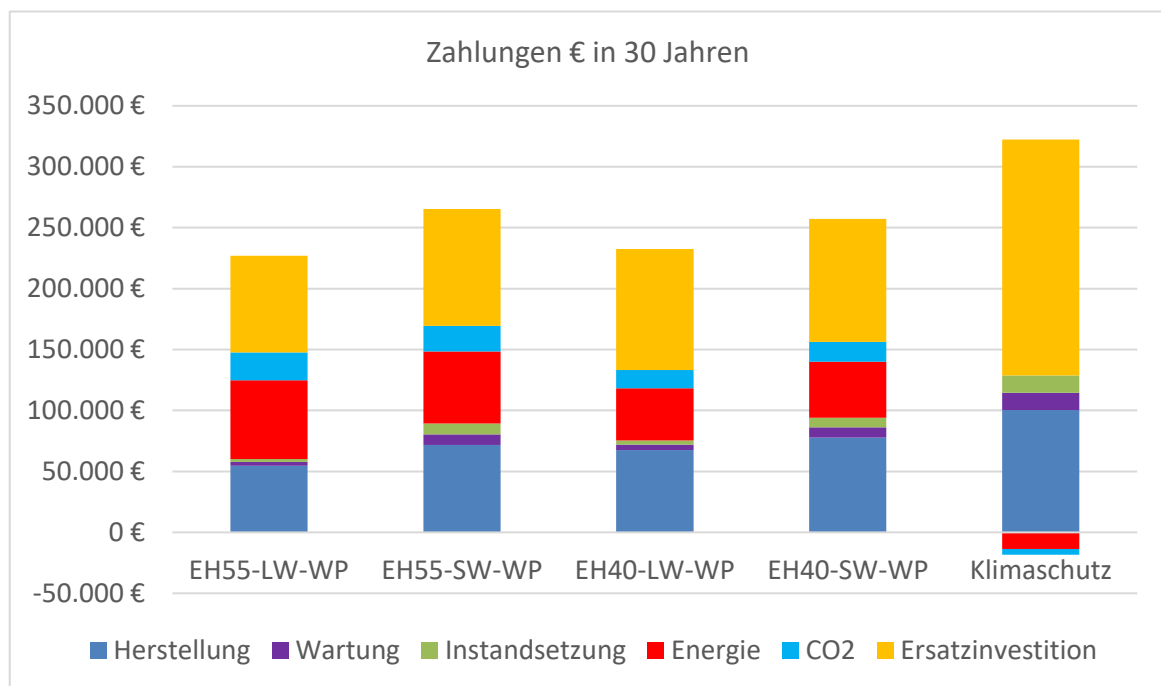


Abbildung 20: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für den Gebäudetyp RH

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren nochmals tabellarisch dargestellt:

Tabelle 40: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für Gebäudetyp RH

Zahlungen €/a	Herstellung	Wartung	Instandsetzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatzinvestition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55-LW-WP	54.718 €	3.226 €	2.142 €	64.637 €	22.841 €	79.519 €	227.083 €	172.365 €
EH55-SW-WP	71.658 €	8.773 €	8.830 €	59.319 €	20.882 €	95.776 €	265.238 €	193.580 €
EH40-LW-WP	67.483 €	4.555 €	3.278 €	42.889 €	15.096 €	99.181 €	232.482 €	164.999 €
EH40-SW-WP	77.732 €	8.445 €	7.823 €	46.053 €	16.211 €	100.887 €	257.151 €	179.419 €
Klimaschutz	100.482 €	13.983 €	14.284 €	-13.534 €	-4.766 €	193.674 €	304.123 €	203.641 €

Die Variante EH55-LW-WP generiert für den Gebäudetyp DH die geringsten Herstellungskosten und ist auch bei der Betrachtung der Gesamtkosten im Zeitraum von 30 Jahren am wirtschaftlichsten.

Die Variante EH40-LW-WP ist bei der ausschließlichen Betrachtung der Kosten von Nutzung und Betrieb des Gebäudes (Wartung, Instandhaltung, Energie, CO2-Steuer, Ersatzinvestitionen) am wirtschaftlichsten.

Auch bei diesem Gebäudetypen ist der Energiekostenvorteil aus dem höherwertigen Standard EH40 nicht in der Höhe vorhanden, als dass er die höheren Investitions- und Folgekosten gegenüber EH55-LW-WP im Zeitraum von 30 Jahren kompensieren kann.



## 11.4 Lebenszykluskosten KiTa

Für den Gebäudetypen KiTa wurden folgende Lebenszykluskosten ermittelt:

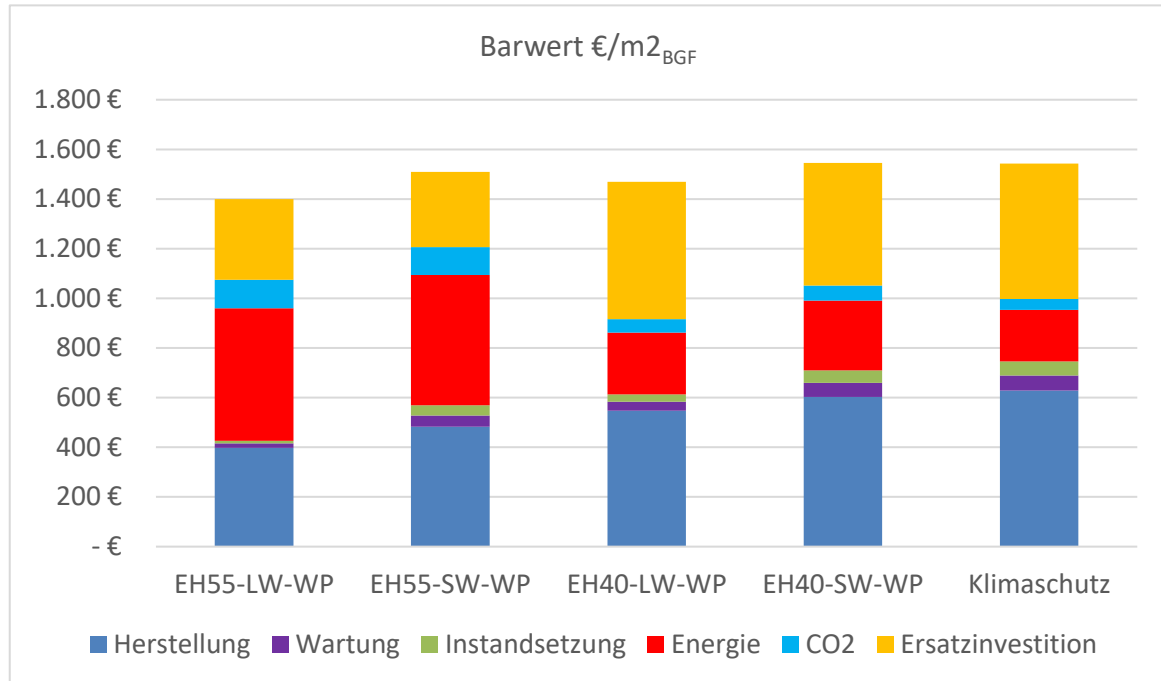


Abbildung 21: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten für den Gebäudetyp KiTa

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Barwerte nochmals tabellarisch dargestellt:

Tabelle 41: Barwerte der Varianten unterteilt in Kostenarten bezogen auf m<sup>2</sup><sub>BGF</sub> für Gebäudetyp KiTa

Barwert €/m <sup>2</sup> <sub>BGF</sub>	Herstellung	Wartung	Instandsetzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatzinvestition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55-LW-WP	398 €	18 €	10 €	533 €	115 €	326 €	1.400 €	1.002 €
EH55-SW-WP	483 €	45 €	41 €	524 €	113 €	302 €	1.509 €	1.026 €
EH40-LW-WP	548 €	36 €	29 €	249 €	54 €	554 €	1.470 €	922 €
EH40-SW-WP	603 €	56 €	51 €	281 €	61 €	493 €	1.545 €	942 €
Klimaschutz	628 €	61 €	57 €	207 €	45 €	545 €	1.543 €	914 €

Etwas anschaulicher als die abgezinsten Zahlungen sind die absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren. Hierfür ergeben sich folgende Werte:

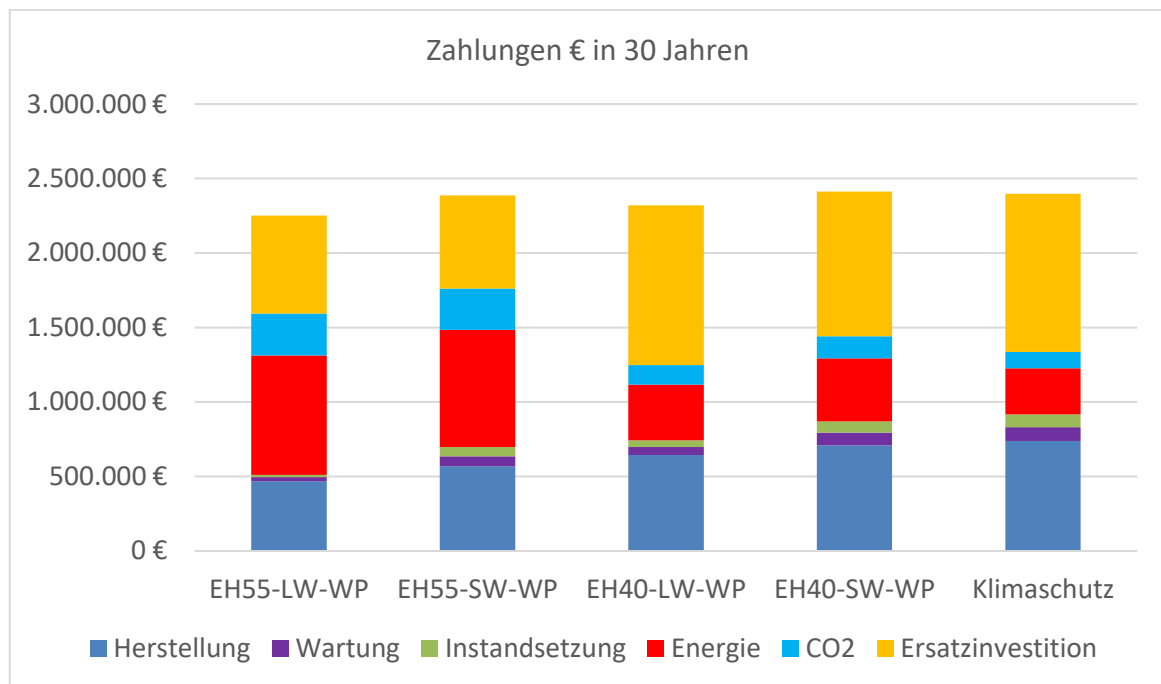


Abbildung 22: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für den Gebäudetyp KiTa

Nachfolgend sind die zugehörigen absoluten Zahlungen im Zeitraum von 30 Jahren nochmals tabellarisch dargestellt:

Tabelle 42: Zahlungen der Varianten im Zeitraum 30 Jahre für Gebäudetyp KiTa

Zahlungen €/a	Herstellung	Wartung	Instandsetzung	Energie	CO2-Steuer	Ersatzinvestition	Gesamt	Nutzung + Betrieb
EH55-LW-WP	468.420 €	27.198 €	15.598 €	800.668 €	281.827 €	658.832 €	2.252.543 €	1.784.123 €
EH55-SW-WP	568.567 €	67.710 €	61.778 €	787.499 €	277.191 €	624.353 €	2.387.098 €	1.818.531 €
EH40-LW-WP	644.200 €	54.826 €	43.377 €	374.557 €	131.844 €	1.072.407 €	2.321.212 €	1.677.012 €
EH40-SW-WP	709.450 €	84.481 €	76.998 €	421.693 €	148.437 €	972.457 €	2.413.516 €	1.704.066 €
Klimaschutz	739.200 €	91.722 €	85.447 €	310.699 €	109.362 €	1.062.049 €	2.398.478 €	1.659.278 €

Die Variante EH55-LW-WP generiert für den Gebäudetyp KiTa die geringsten Herstellungskosten und ist auch bei der Betrachtung der Gesamtkosten im Zeitraum von 30 Jahren am wirtschaftlichsten.

Die Klimaschutz-Variante ist bei der ausschließlichen Betrachtung der Kosten von Nutzung und Betrieb des Gebäudes (Wartung, Instandhaltung, Energie, CO2-Steuer, Ersatzinvestitionen) am wirtschaftlichsten.

## 12 Quartiersbilanzen

Die Ergebnisse der vorherigen Abschnitte wurden genutzt, um Quartiersbilanzen für den Endenergiebedarf und die CO<sub>2</sub>-Emissionen inklusive E-Mobilität und Ausnutzung des abgeschätzten Photovoltaik-Potenzials zum einen für den heutigen<sup>17</sup> Zeitpunkt, zum anderen für das Jahr 2050 aufzustellen. Die durch PV erzeugten Strommengen, die bereits in den Varianten verrechnet wurden, wurden beim PV-Potenzial abgezogen. Für die Endenergie-Quartiersbilanz zum heutigen Zeitpunkt ergibt sich damit:

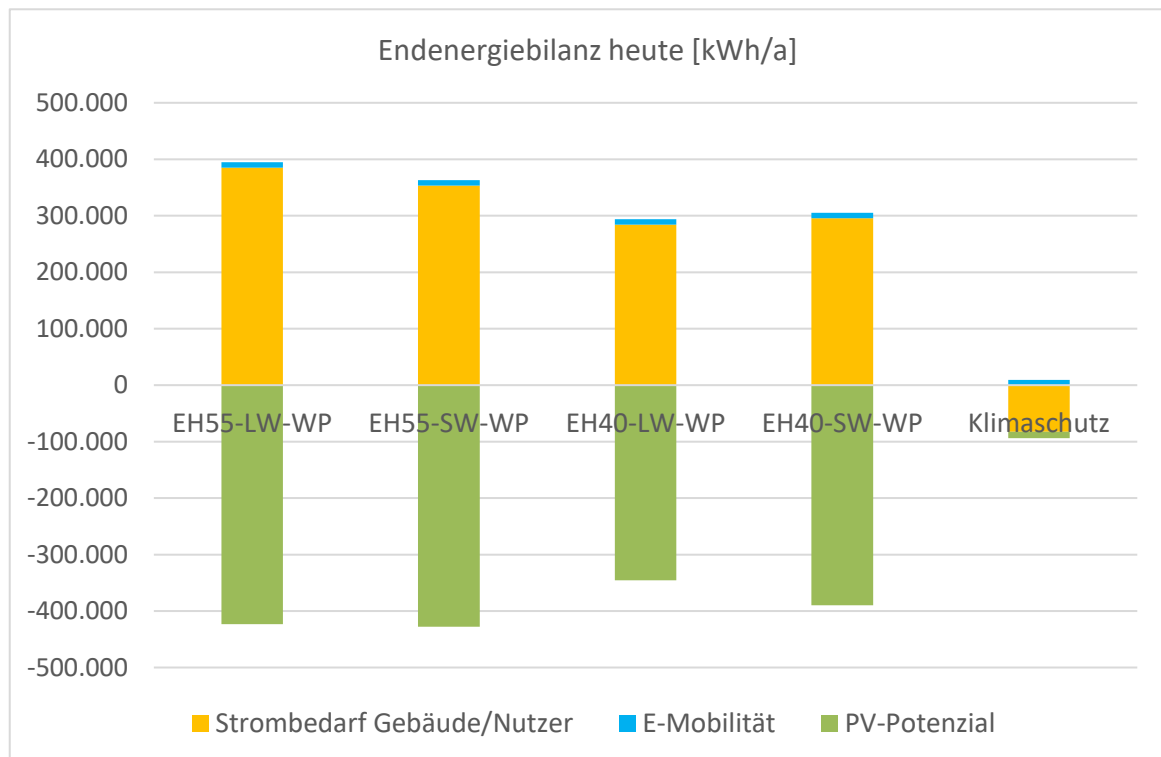


Abbildung 23: Endenergiebilanz für das Baugebiet für den heutigen Zeitpunkt

Tabelle 43: Quartiersbilanz heute – Bilanz Endenergie [kWh/a]

Quartiersbilanz heute – Bilanz Endenergie [kWh/a]				
Variante	Strombedarf Gebäude/Nutzer	E-Mobilität	PV-Potenzial	Bilanz gesamt
EH55-LW-WP	385.307	9.531	-422.956	-28.118
EH55-SW-WP	353.378	9.531	-427.756	-64.847
EH40-LW-WP	284.290	9.531	-345.292	-51.471
EH40-SW-WP	295.805	9.531	-389.644	-84.308
Klimaschutz	-82.473	9.531	-11.366	-84.308

<sup>17</sup> Bzw. 2025, wie in der Abschätzung der Energiebedarfe für E-Mobilität unterstellt.

Das ermittelte PV-Ertragspotenzial des Gebietes ist demnach rechnerisch in der Lage, bei vollständiger Nutzung des PV-Potenzials die Endenergiebedarfe bilanziell zu kompensieren bzw. das Quartier deutlich als Plusenergie-Quartier auszuweisen. Dieses wird insbesondere an den Varianten „EH40-SW-WP“ und „Klimaschutz“ deutlich.

Die E-Mobilität würde aktuell nur einen unwesentlichen Anteil zum Endenergiebedarf des Quartiers beitragen.

Für das Jahr 2050 stellt sich der Sachverhalt jedoch anders dar, wesentlich beeinflusst durch den zukünftigen Anteil des Endenergiebedarfs für E-Mobilität am gesamten Endenergiebedarf – siehe nachfolgende Abbildung.

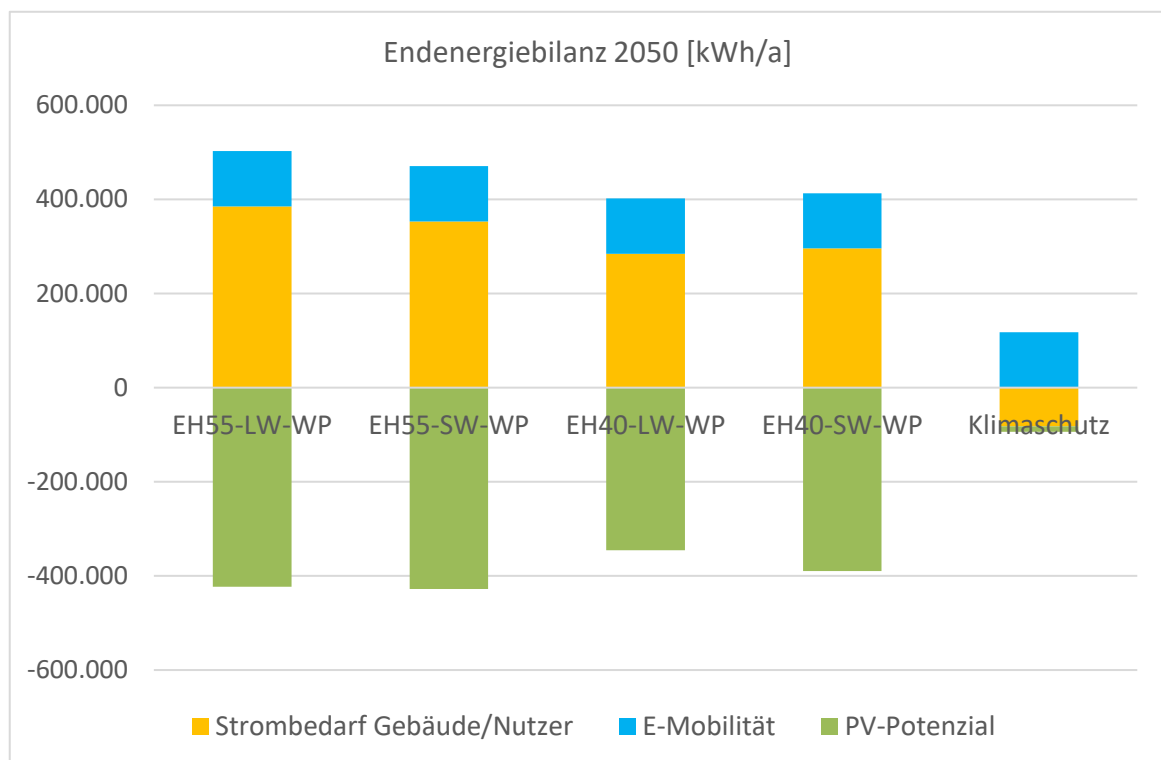


Abbildung 24: Endenergiebilanz für das Baugebiet für das Jahr 2050

Tabelle 44: Quartiersbilanz 2050 – Bilanz Endenergie [kWh/a]

Quartiersbilanz 2050 – Bilanz Endenergie [kWh/a]				
Variante	Strombedarf Gebäude/Nutzer	E-Mobilität	PV-Potenzial	Bilanz gesamt
EH55-LW-WP	385.307	117.509	-422.956	79.860
EH55-SW-WP	353.378	117.509	-427.756	43.131
EH40-LW-WP	284.290	117.509	-345.292	56.507
EH40-SW-WP	295.805	117.509	-389.644	23.670
Klimaschutz	-82.473	117.509	-11.366	23.670

Insbesondere in den Varianten mit Luft-Wasser-Wärmepumpen verschlechtert sich die Bilanz gegenüber dem heutigen Zeitpunkt erheblich. Aber auch in der Klimaschutz-Variante reicht das PV-Ertragspotenzial nicht mehr aus, um die Energiebedarfe (mindestens) zu kompensieren.

Die Größenordnungen in den CO<sub>2</sub>-Bilanzen für das Quartier verhalten sich analog den dargestellten Endenergiebedarfen:

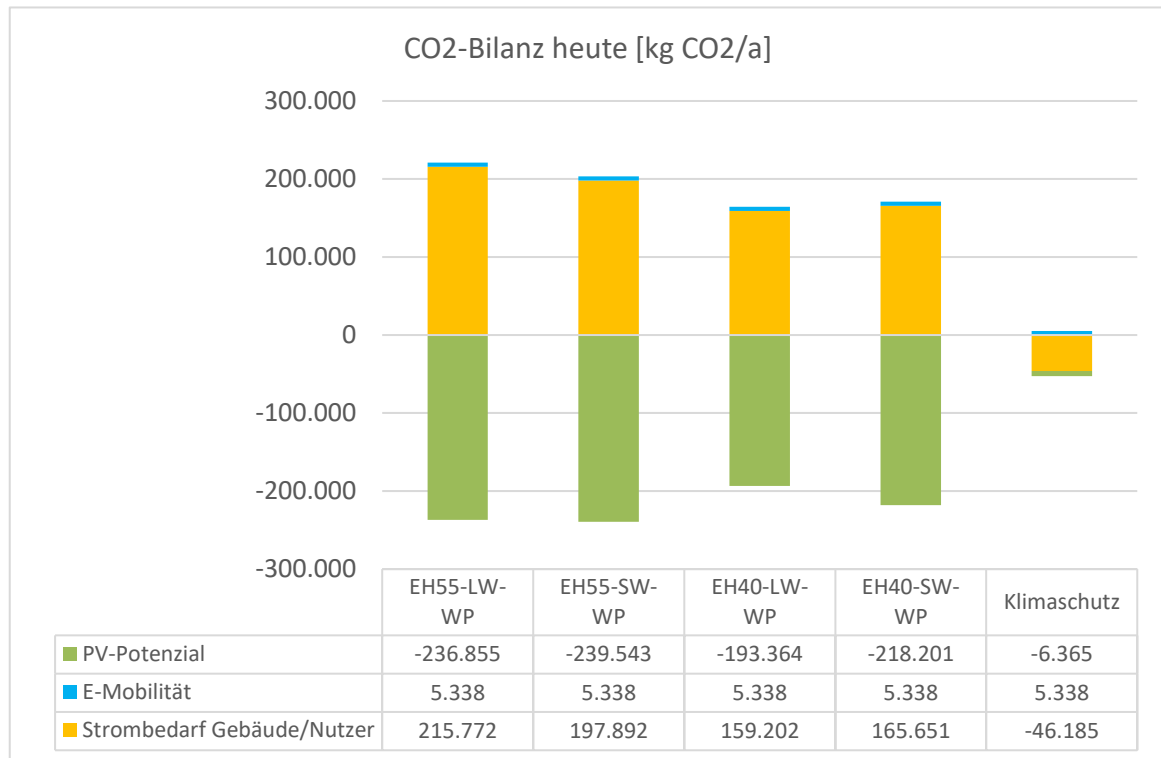


Abbildung 25: CO<sub>2</sub>-Bilanz für das Baugebiet für den heutigen Zeitpunkt

Das dargestellte Potenzial der Stromerzeugung durch Photovoltaik auf den Dächern der Gebäude ist bilanziell in der Lage, das Quartier, insbesondere in den Varianten „EH40-SW-WP“ und „Klimaschutz“, emissionsfrei für den heutigen Zeitpunkt auszuweisen.

Die Wirkung des wachsenden Anteils der E-Mobilität am Endenergiebedarf und damit an den CO<sub>2</sub>-Emissionen bis 2050 für das Quartier zeigt die Abbildung 26. Der prognostizierte CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor für Strom im Jahr 2050 aus Abschnitt 8 wurde dafür berücksichtigt. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden annähernd um den Faktor 10 gesenkt. Entsprechend der Ergebnisse für die Endenergiebilanz 2050 reicht das PV-Potenzial – in allen Varianten – aber dann nicht mehr aus, um das Quartier emissionsfrei darzustellen.

Interessant ist, dass trotz der wesentlich höheren Energiebedarfe für die E-Mobilität im Jahr 2050 die Größenordnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus E-Mobilität im Vergleich zu heute annähernd gleichbleibt. Ursächlich dafür ist der wesentlich geringere CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktor von 0,05 kg CO<sub>2</sub>/kWh für Strom im Jahr 2050.

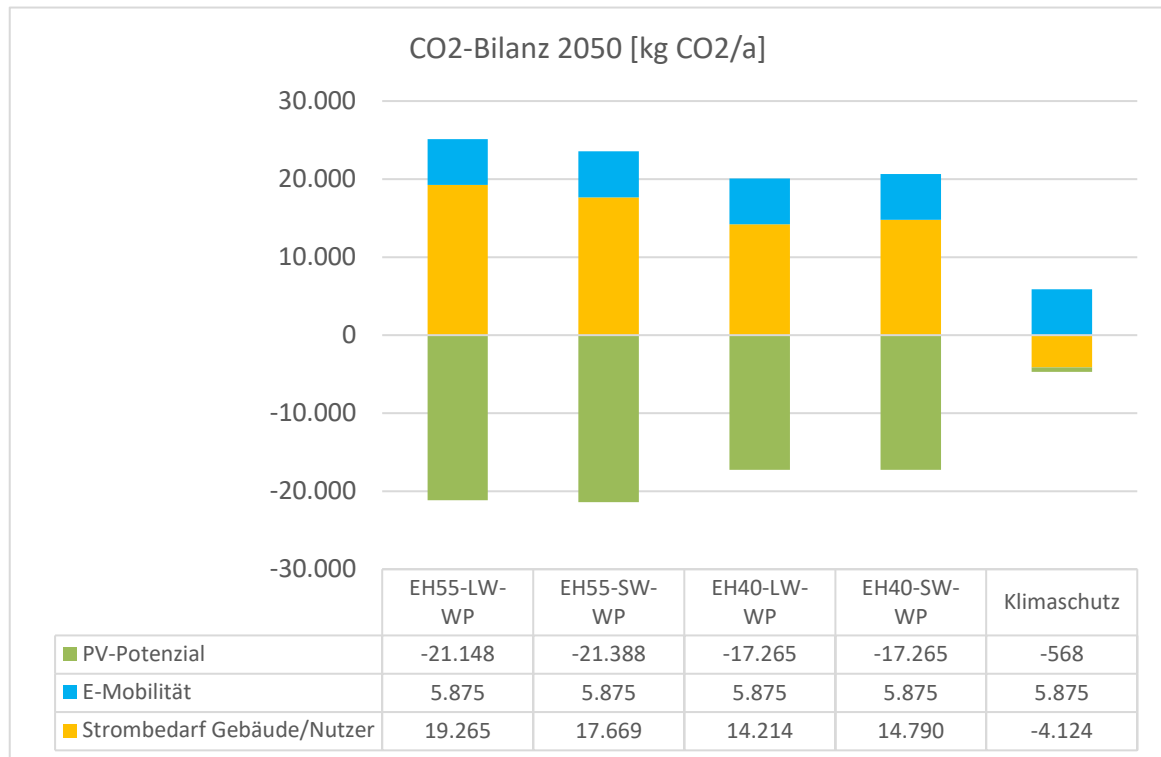


Abbildung 26: CO<sub>2</sub>-Bilanz für das Baugebiet für das Jahr 2050

### 13 Zusammenfassung und Empfehlung

Für das Baugebiet Steinrader Damm / Schönböckener Hauptstraße in der Hansestadt Lübeck wurde auf der Grundlage des Städtebaulichen Entwurfs vom 29.06.2021 ein Energiekonzept erstellt.

Die Bebauung des Baulands soll mit 36 Einfamilienhäusern, 13 Reihenhäuser und einer Kindertagesstätte erfolgen. Mehrfamilienhäuser im Sinne eines Wohnungsgeschossbaus sind nicht geplant. Die Gebäude sind mindestens in einem Effizienzhausstandard 55 zu errichten.

Aus diesem hochwertigen energetischen Standard und der im Vergleich zur Größe des Baugebiets geringen Anzahl an Wohneinheiten resultieren geringe Wärmedichten. Aus diesem Grund wurde von der Untersuchung von zentralen Lösungen mit Wärmenetzen abgesehen, da der wirtschaftliche Aufwand als unverhältnismäßig bewertet wurde.

Untersucht wurden daher dezentrale Konzepte zur Wärmeerzeugung mittels Wärmepumpen. Dieses ist zum einen dadurch begründet, dass Effizienzhausstandards mit erdgasbasierten Technologien schwierig zu erreichen sind. Zum anderen resultiert der Ansatz aus der positiven Bewertung des Energieträgers Strom im Hinblick auf die deutliche Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktors im Strom-Mix Deutschland bis 2050.

Aus den Ergebnissen der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung geht die Variante „Klimaschutz“ als klimafreundlichste Variante für alle Gebäudetypen hervor.

Im Jahr 2050 besitzt die Variante „Klimaschutz“ die geringsten CO<sub>2</sub>-Emissionen, gefolgt von der Variante „EH40-LW-WP“. Der Unterschied zwischen den beiden Varianten beträgt rund 2,2 t CO<sub>2</sub>-Emissionen pro Jahr, was um 187% höhere CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Variante „EH40-LW-WP“ gegenüber der Klimaschutz-Variante entspricht.

Aus den Ergebnissen der Lebenszykluskostenbetrachtungen für die Gesamtkosten der Konzepte geht das Konzept „EH55 mit Luft-Wasser-Wärmepumpe“ als wirtschaftlich vorteilhaftestes für alle drei Gebäudetypen hervor.

Die Ergebnisse der Lebenszykluskostenbetrachtungen für die Gebäudetypen führen zu der Empfehlung die Gebäudetypen EFH (Gründach/Satteldach) und RH im Konzept „EH55 mit Luft-Wasser-Wärmepumpen“ umzusetzen und zu prüfen, ob für die Reihenhauskörper auch jeweils der Einsatz zentraler Luft-Wasser-Wärmepumpen in Frage kommt. Dieses ist insbesondere im Hinblick auf eine eventuelle Reduzierung der Herstellungskosten interessant – auch unter dem Aspekt, dass es sich bei den Reihenhäusern um geförderten Wohnungsbau mit einem begrenzten Mietpreis handelt.

Die Nutzung des solaren Potenzials wird als abhängig von den zukünftigen Hauseigentümern und Hauseigentümerinnen gesehen. Die Nutzung von Solarthermie in Abhängigkeit vom individuellen

Warmwasserbedarf bzw. der im Haushalt lebenden Personenanzahl ist als äußerst sinnvolle Ergänzung zum energetischen Gebäudekonzept zu sehen. In diesem Punkt sollten sich die zukünftigen Bauherrn und Bauherrinnen von einem Energieberater oder Energieberaterin über Optionen und Leistungsgrößen entsprechender Anlagen und Fördermöglichkeiten beraten lassen.

Zielführend ist auch die Analyse des elektrischen Nutzungs- bzw. Lastprofils des jeweiligen Bauherrn bzw. der jeweiligen Bauherrin, insbesondere in Bezug darauf, ob diese E-Mobilität nutzen oder nicht. Insbesondere im Falle einer Nutzung von E-Mobilität ist dann die Kombination Photovoltaik mit einem Batteriespeicher als empfehlenswert zu erachten. Auch hier wird eine individuelle Beratung durch einen Experten oder eine Expertin für solche Lösungen und zugehörige Fördermöglichkeiten angeraten.

Hinsichtlich der Fördermöglichkeit des Effizienzhausstandards muss zum gegenwärtigen Zeitpunkt festgehalten werden, dass diese aufgrund des jetzigen Förderstopps in Frage steht.

Angesichts der zu erwartenden Novellierung des GEG bis spätestens 1. Januar 2023 mit der Festbeschreibung des Effizienzhausstandards 55 als Mindestanforderung an Neubauten kann bei einer Neuauflage der Effizienzhausförderung davon ausgegangen werden, dass die Zuschusshöhen für Effizienzhäusern, die bis 24.01.2022 galten, nicht wieder erreicht werden.

Zudem ist auch die darauffolgende Festbeschreibung des Effizienzhausstandards 40 bis spätestens 2025 bereits in der Diskussion.



## 14 Anhang

Stellungnahme der Unteren Wasserbehörde der Hansestadt Lübeck:

**pyschny@mnp-ing.de**

---

**Von:** Stroppe, Susanne <Susanne.Stroppe@luebeck.de>  
**Gesendet:** Freitag, 13. August 2021 12:11  
**An:** [REDACTED]@mnp-ing.de  
**Betreff:** Vorkunft zur Geothermie - Bebauungsplan 23.27.00 Steinrader Damm  
**Anlagen:** Forderungen uWB neue Baugebiete.pdf

Sehr geehrter Herr [REDACTED],

bezüglich Ihrer Voranfrage zur grundsätzlichen Realisierbarkeit der oberflächennahen Geothermie (hier: Erdwärmesonden) im Bereich des B-Plan-Gebietes 23.27.00 Steinrader Damm kann ich Ihnen wie folgt Auskunft geben:

Der Standort liegt nicht im Trinkwassergewinnungsgebiet bzw. im Bereich öffentlicher Brunnen zur Trinkwasserversorgung, daher bestehen aus Sicht der unteren Wasserbehörde grundsätzlich keine Bedenken. Angrenzend befinden sich Brunnen zur privaten Wasserversorgung. Belange dieser müssten noch geprüft werden.

Eine Bohrtiefenbeschränkung für den Standort besteht aus wasserrechtlicher Sicht nicht.

(Hinweis: Bei Bohrtiefen >100 m wird neben einer Anzeige beim Landesbergamt (LBEG) grundsätzlich eine fachliche Einzelfallprüfung und Beurteilung durch den Geologischen Dienst im Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein (LLUR) nach § 21 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 oder 2 des Standortauswahlgesetzes erforderlich.)

Für eine erste, überschlägige Dimensionierung von Erdwärmesonden können folgende Bodenwärmeleitfähigkeiten angesetzt werden:

bis 50 m: 1,7 W/m·K  
bis 100 m: 1,9 W/m·K

Für die Nutzung der oberflächennahen Geothermie mittels Erdwärmesonden sind Vorplanungen in Abstimmung mit der unteren Wasserbehörde (uWB) zu treffen. Anbei habe ich Ihnen zur Orientierung die allgemeinen Forderungen der uWB im Rahmen der Vorplanung bei neuen Baugebieten beigelegt.

Ein Altlastenverdacht besteht für den Bereich nicht.

Die Auflagen des Naturschutzes werden erst nach Antragstellung abgestimmt.

Mit freundlichen Grüßen  
Im Auftrag  
Susanne Stroppe



Hansestadt Lübeck  
Der Bürgermeister  
Bereich Umwelt-, Natur- und Verbraucherschutz  
Untere Wasserbehörde  
Kronsforder Allee 2 - 6  
23560 Lübeck

Servicetelefon: (0451) 115 montags bis freitags von 7 bis 19 Uhr  
Tel. persönlich: (0451) 122 – 3914

### **Nutzung der oberflächennahen Geothermie in neuen Baugebieten / für mehrere Einzelhäuser**

#### **hier: Hinweise zu allgemeinen Vorplanungen und Forderungen seitens der unteren Wasserbehörde (uWB)**

Bei einer Nutzung der oberflächennahen Geothermie für mehrere Einfamilienhäuser im Baugebiet werden Vorplanungen erforderlich:

Es ist eine Grundlagenermittlung (Machbarkeitsprüfung) zur avisierten geothermischen Versorgung vorzunehmen. Ziel der Grundlagenermittlung ist eine zusammenfassende Bewertung der Eignung des Standortes zur geothermischen Nutzung mit Vorabklärung genehmigungsrechtlicher Randbedingungen.

Die Vorplanung muss mit der unteren Wasserbehörde (uWB) abgestimmt werden und beinhaltet nachfolgend aufgeführte Vorerkundungen am Baustandort:

- Umfassende geologische/hydrogeologische Standortrecherche
- Allgemeine Einschätzungen zu Kampfmitteln, Altbebauungen, Altlasten, Leitungen etc. im Baugebiet
- Bewertung möglicher geologischer und bohrtechnischer Risiken
- Erläuterung der geplanten geothermischen Nutzungen/Anwendungen (z.B. wärmepumpengestützte Beheizung, Warmwasserbereitung, Kühlung)
- Recherche, Ausweisung und Bewertung von relevanten Nutzungsansprüchen im Umfeld des Bauvorhabens
- Vorprüfung der grundsätzlichen Genehmigungsfähigkeit und hinsichtlich zu erwartender wasserrechtlicher Restriktionen am konkreten Projektstandort in Bezug auf die geplanten Nutzungen und Systeme (Erstabstimmung mit den zuständigen Genehmigungsbehörden)
- Abschätzung relevanter geothermischer Untergrundparameter (u.a. Temperatur, Wärmeleitfähigkeit, Grundwasserverhältnisse, ggf. Grundwasserchemie)
- Feststellen des Vorerkundungsbedarfes (Anzahl und Tiefe der Erkundungsbohrung(en), geophysikalische Messung(en), geothermische Messung(en))

Der Dokumentationsbericht der Vorerkundungsmaßnahmen, der auch eine Bewertung der Erkundungsergebnisse in Bezug auf das geothermische Standort-/Nutzungspotential beinhaltet, ist der uWB vorzulegen. Der Planer muss die Randbedingungen zur räumlichen Verteilung und Anordnung von Erdwärmesonden im Planungsgebiet unter der Prämisse einer möglichst geringen nachbarschaftlichen Beeinflussung von Geothermieanlagen definieren.

Ab einer Gesamt-Heizleistung der geothermischen Nutzung von  $\geq 100$  kW ist die Durchführung einer numerischen thermohydrodynamischen Simulation an einem 3D-Untergrundmodell erforderlich, um die thermischen Auswirkungen der geothermischen Nutzung auf den Untergrund darstellen und bewerten zu können. Die Ergebnisse der FEM-Simulation sind für eine ggf. mögliche Optimierung der Konfiguration und Dimensionierung der Erdwärmesonden/Erdwärmesondenfelder heranzuziehen.

Die Ergebnisse der Vor- und Entwurfsplanung sollten Bestandteil der einzureichenden Unterlagen im Rahmen der Antragstellung zur Erteilung einer wasserrechtlichen Erlaubnis für das gesamte Baugebiet sein.